



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 318 116**

51 Int. Cl.:

C04B 35/83 (2006.01)

C04B 35/80 (2006.01)

C04B 35/573 (2006.01)

F16D 69/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03709813 .4**

96 Fecha de presentación : **24.03.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1494980**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.01.2005**

54

Título: **Cuerpo cerámico compuesto, así como procedimiento de elaboración del mismo.**

30

Prioridad: **22.03.2002 DE 102 13 013**
16.05.2002 DE 102 22 258

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.05.2009

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.05.2009

73

Titular/es: **Schunk Kohlenstofftechnik GmbH**
Rodheimer Strasse 59
35452 Heuchelheim, DE

72

Inventor/es: **Ebert, Marco;**
Henrich, Martin;
Kehr, Dietrich;
Scheibel, Thorsten y
Weiss, Roland

74

Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 318 116 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).

ES 2 318 116 T3

DESCRIPCIÓN

Cuerpo cerámico compuesto, así como procedimiento de elaboración del mismo.

5 La presente invención hace referencia a un cuerpo cerámico compuesto, destinado particularmente para un componente tribológico como disco de freno, comprendiendo un cuerpo de carbono reforzado con fibra con una zona central, así como una zona superficial conteniendo SiC. La invención hace además referencia a un procedimiento para la elaboración de un cuerpo cerámico compuesto reforzado con fibra, diseñado particularmente para un componente tribológico como disco de freno, proporcionándose un cuerpo de carbono conteniendo fibras con la porosidad deseada, infiltrándose el cuerpo de carbono con silicio y ceramicándose el cuerpo iniciando una reacción química con formación de SiC.

15 Gracias a la DE 198 34 571 C2 se conoce un procedimiento para la elaboración de cuerpos a partir de precuerpos de C/C reforzados con fibra con una matriz de carbono porosa, en el que el precuerpo reforzado con fibra mediante pirólisis se infiltra con silicio líquido en fusión. En los poros puede almacenarse además el silicio líquido, para alcanzar la dureza deseada en la capa superficial del cuerpo de CMC (material compuesto cerámico de la matriz) así elaborado.

20 En la DE 44 38 455 C1 se describe un procedimiento para la elaboración de una unidad de fricción por medio de infiltración de un cuerpo de carbono poroso con silicio líquido, estructurándose el cuerpo de carbono poroso de tal manera, que en áreas internas y/o externas definidas se formen cavidades y/o escotaduras para la refrigeración y/o refuerzo, que conserven su forma y tamaño tras la ceramización.

En la EP-A-0 891 956 se describe un cuerpo de Si-SiC reforzado con fibras de SiC.

25 Los cuerpos apropiados consistentes en materiales CMC se pueden emplear para discos de freno, tal y como se describen en la DE 42 37 655 A1 ó EP 071 214 B1.

30 Gracias a la JP 0003199172 AA se conoce un material compuesto recubierto reforzado con fibras de carbono, hallándose las fibras de carbono en una matriz, que en la parte media es de carbono y en la zona superficial de carburos. La zona de transición discurre además, exclusivamente en la zona superficial, de dentro hacia fuera y de manera continua o casi continua.

35 La DE 198 05 868 A1 hace referencia a un procedimiento para la elaboración de un material compuesto fibroso, empleándose un recubrimiento de fibras, cuya calidad crece desde fuera hacia dentro, para ganar un material de gradiente. Para ello se introducen masas a prensar de diferentes calidades del recubrimiento en un molde, pudiendo consistir las capas externas completamente en carburo de silicio. Además, tanto la calidad de la fibra como también su longitud se pueden modificar. Las fibras de refuerzo empleadas incluso consisten en un núcleo con un recubrimiento de pirocarbono y una capa externa de ligante pirolizable, que se transforma en carbono por pirólisis. Puede realizarse una infiltración con silicio líquido.

40 Los discos de freno de CMC empleados hoy en día presentan, junto a una zona central (núcleo laminado central), una capa de SiC externa, casi monolítica (zona superficial). Esta capa superficial se necesita por motivos tribológicos. La zona central debería tener en cambio propiedades de CFC, para obtener un fallo de rotura lo más casi dúctil posible del sistema global. Conforme al estado actual de desarrollo, la estructura en capas es de tal manera, que se de una zona acentuada de transición de la estructura monolítica de la zona superficial a la zona central de CFC. De este modo se originan condicionalmente fuertes diferencias en las propiedades mecánicas y en las propiedades termofísicas. El sistema de capas apropiado puede detectarse de este modo ópticamente, porque la capa monolítica no sólo padece mucho de grietas, sino que tiende también a otros agrietamientos durante su empleo.

50 Un cuerpo cerámico compuesto del tipo citado inicialmente puede deducirse de la US2001/0051258 A1. El cuerpo cerámico compuesto consiste además en capas con moldes desarrollados con base de Si-SiC, que se extienden en una sola pieza entre las fibras de carbono, presentando los moldes un gradiente de composición, de forma que la concentración de silicio crezca con la distancia creciente de los hilos.

55 La presente invención se basa en el problema de proporcionar un cuerpo cerámico compuesto, así como un procedimiento de elaboración de un cuerpo cerámico compuesto del tipo citado inicialmente, de forma que el cuerpo cerámico compuesto tenga un buen comportamiento a largo plazo y particularmente una menor tendencia a la formación de grietas en la superficie. Al mismo tiempo deberían conservarse, sin embargo, considerablemente las ventajas de la estructura en capas independientemente conocida respecto a la capa monolítica externa de SiC resistente al rozamiento y la ductilidad en la zona central.

60 Conforme a la invención, el problema se resuelve esencialmente con un cuerpo cerámico compuesto del tipo descrito anteriormente, presentando las fibras en la zona superficial un número de filamentos menor que en la zona central y conteniendo el cuerpo cerámico compuesto SiC de tal manera que, partiendo de dentro de la zona central y hasta la zona superficial, la proporción del SiC varíe de manera constante o esencialmente constante. Particularmente, el cuerpo cerámico compuesto se gradúa constantemente respecto a la proporción de SiC, de forma que la zona central tenga propiedades dúctiles y la zona superficial tenga propiedades de capa monolítica de SiC y/o de capa de Si/SiC.

ES 2 318 116 T3

Además, la zona superficial debería tener esencialmente siguientes proporciones:

- SiC en de aprox. el 20% en peso a aprox. el 100% en peso,
- Si libre en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 30% en peso,
- Carbono en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 80% en peso,
- Si₃N₄ en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 20% en peso y/o
- B₄C en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 20% en peso.

En contraste, la zona central debería presentar proporciones de:

- SiC en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 70% en peso,
- Si libre en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 30% en peso,
- Carbono en de aprox. el 20% en peso a aprox. el 100% en peso y/o
- B₄C en de aprox. el 0% en peso a aprox. el 20% en peso.

El cuerpo cerámico compuesto debería contener particularmente, como fibras de refuerzo, fibras de carbono y/o fibras de grafito y/o fibras de SiC, en caso de empleo de un tejido, una esterilla, un fieltro, un azulejo o un papel como material de partida conteniendo carbono, fibras cortas en el rango de longitudes de aprox. 1 mm a aprox. 60 mm.

También se pueden utilizar preformas para la elaboración de la cerámica compuesta, que contengan carbono o a las que se añada un donante de carbono, impregnándose la preforma con un pirolizable ligante, pudiendo emplearse preformas tri- o multidimensionales y preformas en la técnica TFP (Tailored-Fibre-Placement) para el procedimiento RTM (Resin-Transfer-Molding) o procedimiento de prensado. Con "multidimensional" se hace referencia a las preformas con más de 3 direcciones de refuerzo.

En otra ordenación de la invención se prevé, que el cuerpo cerámico compuesto se elabore mediante pirólisis y ceramización de un cuerpo de carbono conteniendo fibra, siendo las fibras en la zona central más largas que en la zona superficial. Además, las fibras con menor número de filamentos pueden estar tanto en la zona superficial como en la zona central.

Puede preverse también, que el cuerpo de carbono tenga una porosidad abierta, de forma que el volumen de poros en la zona superficial sea mayor que en la zona central. El cuerpo de carbono presenta particularmente aditivos, con diferentes rendimientos de carbono, siendo el rendimiento de carbono en la zona superficial menor que en la zona central. Como aditivos se emplean termoplásticos, como polietileno o propileno, o elastómeros, como caucho de silicona, o durómeros, como resinas epoxídicas de baja reticulación o sustancias naturales como los serrines. Mediante la distribución del tamaño de grano de los aditivos utilizados como carbonos, grafitos, polvo de SiC, polvo de Si, polvo de B₄C, puede realizarse también un ajuste de la porosidad.

Mediante lo aprendido conforme a la invención se proporciona una cerámica compuesta, cuyo contenido en SiC aumenta de manera fluida de la zona central a la zona superficial. Se lleva a cabo una gradación del contenido en SiC y/o contenido en Si/SiC, con la consecuencia de que, conforme al estado actual de la técnica, se impide una zona de transición discontinua entre la zona central, que tiene propiedades dúctiles, y la zona superficial, que posee preferentemente propiedades de capa monolítica de SiC. De este modo pueden lograrse condicionalmente una menor tendencia a la formación de grietas en la superficie, un comportamiento a largo plazo mejorado y, por tanto, también un mejor comportamiento de vida útil. La constitución de la cerámica compuesta se lleva además a cabo de tal manera, que la zona de transición de la estructura superficial monolítica o casi monolítica de SiC se realice a través de varias etapas en una estructura en núcleo de CMC dominada por CFC. Se modifica, por tanto, la composición del material de una composición monolítica o casi monolítica a un material compuesto reforzado con fibra.

Un procedimiento para la elaboración de un cuerpo cerámico compuesto, proporcionándose un cuerpo de carbono conteniendo fibras con la porosidad deseada, infiltrándose el cuerpo de carbono con silicio y ceramicándose el cuerpo iniciando una reacción química con formación de SiC, caracterizado porque, antes de la infiltración del cuerpo de carbono con Si, éste se estructura mediante fibras de diferentes número de filamentos y ajuste selectivo de la porosidad, de tal manera que el contenido en SiC del cuerpo cerámico compuesto aumente de manera constante o esencialmente constante partiendo del interior de la zona central hasta la zona superficial.

Conforme a la presente invención se lleva a cabo una estructuración del cuerpo de carbono mediante la selección de diferentes longitudes de fibra y/o de fibras de diferentes cantidades de filamentos y/o ajuste selectivo de la porosidad.

ES 2 318 116 T3

La porosidad puede ajustarse mediante aditivos con diferentes rendimientos de carbono. También se pueden emplear aditivos, cuyos rendimientos de carbono en la zona superficial sean menores que en la zona central. Mediante la distribución del tamaño de grano de los aditivos puede ajustarse igualmente la porosidad en la medida deseada, de forma que en la zona superficial se obtenga una estructura casi monolítica de SiC y en la zona central un material dominante en CFC.

Las mismas posibilidades brindan los parámetros procedimentales selectivos ajustables durante la pirólisis.

Mediante lo aprendido conforme a la invención se proporciona una cerámica compuesta, que puede emplearse particularmente para discos de freno, pastillas de freno, embragues, discos de embrague, materiales para cojinetes, anillos estancos y anillos deslizantes, auxiliares de carga para la construcción de hornos e instalaciones. La cerámica compuesta tiene además una estructura en capas, de forma que el contenido en SiC aumente de dentro hacia fuera de manera casi fluida. Una gradación apropiada puede ajustarse también respecto a B₄C o Si₃N₄.

Otros detalles, ventajas y características de la invención se deducen, no sólo de las Reivindicaciones, de las características que pueden inferirse de estas, sino también de la siguiente descripción de los ejemplos.

Ejemplo 1

Elaboración de un disco de embrague con estructura graduada: empleo de un tejido con bajo peso superficial, empleándose 30 capas individuales

Las 4 capas externas de tejido se recubren por medio de un recubrimiento por pulverizado con un serrín de madera y un ligante de resina fenólica y etanol se ocupa. La proporción en peso de serrín de madera, ligante de resina fenólica y etanol asciende al 20% relativo al peso superficial de la fibra. Las 4 capas siguientes de tejido están provistas, de manera análoga, de una proporción en peso del 15%. Las 4 capas siguientes están provistas de una proporción en peso del 10%, las 4 capas siguientes de una proporción en peso del 7%, las 4 capas siguientes con una proporción en peso del 3%. Las 10 capas internas no se tratan.

Todas las capas se insertan, correspondientemente a la evolución de la gradación, en una matriz RTM, se infiltran con resina fenólica y se endurecen. A continuación, se lleva a cabo la carbonización. A partir de este producto semielaborado se fabrica un anillo sobredimensionado y, a continuación, se silica. La pieza silicada presenta, tras este proceso, una gradación casi fluida (proporción de SiC variable casi fluida), teniendo la zona superficial la siguiente composición: 8% de Si, 75% de SiC y 17% de C, mientras que el interior está compuesto como sigue: 3% de Si, 33% de SiC y 64% de C.

Dejan de ser evidentes las transiciones bruscas y se evita sustancialmente la formación de grietas en la zona superficial.

Ejemplo 2

Elaboración de una Pastilla de Freno para Aplicaciones Industriales con Estructura Gradada

Para la elaboración se emplean fibras cortas de carbono de 3, 6, 9 y 12 mm de longitud. Las fibras se mezclan en su respectiva longitud con un material de relleno conteniendo carbono, una resina fenólica y etanol y se transforma por medio de un procesamiento de la mezcla en un compuesto. La mezcla tiene la siguiente composición: 40% en volumen de fibra de carbono, 30% en volumen de material de relleno carbonado y 30% en volumen de resina fenólica.

El compuesto seco se introduce por medio de un dispositivo de llenado en la matriz de prensado, en la siguiente secuencia, para la elaboración del recubrimiento (en función del caso de aplicación y de la fijación del revestimiento, la gradación puede realizarse tanto simétricamente como también asimétricamente respecto al eje central):

10% en peso - con fibra de carbono de 3 mm

5% en peso - con mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 3 mm y 6 mm

5% en peso - con fibra de carbono de 6 mm

5% en peso - mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 6 mm y 9 mm

5% en peso - con fibra de carbono de 9 mm

5% en peso - con mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 9 mm y 12 mm

15% en peso - con fibra de carbono de 12 mm

15% en peso - con fibra de carbono de 12 mm

ES 2 318 116 T3

5% en peso - con mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 9 mm y 12 mm

5% en peso - con fibra de carbono de 9 mm

5 5% en peso - mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 6 mm y 9 mm

5% en peso - con fibra de carbono de 6 mm

10 5% en peso - con mezcla 50 : 50 de fibra de carbono de 3 mm y 6 mm

10% en peso - con fibra de carbono de 3 mm

Tras la carbonización y silicación podría determinarse la siguiente gradación:

15 La zona cercana a la superficie consiste en un 85% de SiC, 4% de Si y 11% de C, mientras que el interior consiste en un 38% de SiC, 3% de Si y 59% de C. La gradación producida es fluida y la superficie muestra, tras la fabricación, muy pocas grietas en la zona de la superficie.

20 Otros detalles, ventajas y características se deducen de la siguiente descripción.

25 En la única Figura se representa de manera puramente esquemática el procedimiento conforme a la invención para la elaboración de un cuerpo cerámico compuesto, destinado particularmente a un componente tribológico. Se pueden introducir además una o varias preformas 10 directamente o productos finales 12 como fibras de carbono con un material de relleno conteniendo carbono, así como ligante y, por ejemplo, etanol, tras su mezclado 14 en un molde como matriz RTM (Paso 16). La preforma y/o preformas, que incluyen también capas de tejido, se pueden impregnar, antes o después de la introducción en el molde, con un ligante. También es posible la adición de otros aditivos. Además, los materiales de partida se disponen y/o se mezclan con aditivos, de forma que en el cuerpo cerámico a fabricar se origine una modificación casi fluida y/o multietapa del contenido en SiC, de tal manera que la zona exterior posea las propiedades de una capa monolítica o casi monolítica de SiC, teniendo el núcleo, sin embargo, una estructura de CMC dominada por CFC.

30 En un siguiente paso procedimental 18 se lleva a cabo el prensado para obtener una geometría deseada, para entonces, en un paso procedimental 20, pirolizar el cuerpo extraído del molde, es decir, carbonizarlo y/o grafitarlo.

35 La carbonización puede realizarse en un intervalo de temperaturas entre 500°C y 1450°C, particularmente entre 900°C y 1200°C y la grafitación en un intervalo de temperaturas entre 1500°C y 3000°C, particularmente entre 1800°C y 2500°C. A continuación, se silica el cuerpo de carbono, introduciéndose el cuerpo de carbono en un recipiente relleno de silicio y se expone a lo largo de un período de tiempo de, por ejemplo, 1 a 7 horas a una temperatura en el rango de aprox. 1450°C a 1700°C (paso procedimental 22). El cuerpo cerámico compuesto así elaborado puede procesarse entonces, si fuera necesario, (paso procedimental 24), para lograr una geometría final deseada. Alternativa o complementariamente existe la posibilidad de procesar el cuerpo antes de la silicación.

45 La silicación puede efectuarse también, de manera divergente a la del procedimiento descrito anteriormente, como sigue. Así es posible un proceso de presión/vacío en una fusión de silicio a una temperatura entre aprox. 1450°C y aprox. 2000°C. También es posible un procedimiento de enfangado con un lodo conteniendo silicio, aplicado previamente. También puede emplearse un procedimiento de mechado o capilar, en el que hay mechas porosas en contacto con el cuerpo de carbono y recipiente relleno de silicio.

50 Los cuerpos cerámicos compuestos elaborados correspondientemente presentan la ventaja de que, desde la zona central en la dirección de la zona superficial, puede obtenerse un contenido en SiC casi fluido variable, teniendo la zona central las propiedades de un material de CFC dominante y la zona superficial las de una estructura monolítica o casi monolítica de SiC.

55 Los pasos procedimentales explicados anteriormente y deducibles particularmente de los ejemplos son independientes de los pasos precedentes por motivos de protección. También los valores numéricos indicados son puramente ejemplares y no restrictivos de la protección.

60

65

ES 2 318 116 T3

REIVINDICACIONES

- 5 1. Cuerpo cerámico compuesto, destinado particularmente para un componente tribológico como disco de freno, comprendiendo un cuerpo de carbono reforzado con fibra con zona central, así como una zona superficial conteniendo SiC, **caracterizado** porque las fibras en la zona superficial presentan un número de filamentos menor que en la zona central y porque el cuerpo cerámico compuesto contiene SiC de tal manera, que la proporción del SiC varíe de manera constante o esencialmente constante partiendo del interior de la zona central hasta la zona superficial.
- 10 2. Cuerpo cerámico compuesto conforme a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo cerámico compuesto se escalona de manera fluida respecto a la proporción de SiC, de tal manera que la zona central tenga propiedades dúctiles y la zona superficial tenga propiedades de capa de SiC monolítica y/o de capa de Si/SiC.
- 15 3. Cuerpo cerámico compuesto conforme a la Reivindicación 1, **caracterizado** porque el cuerpo de carbono contiene aditivos con diferentes rendimientos de carbono para el ajuste de la porosidad.
- 20 4. Cuerpo cerámico compuesto conforme a la Reivindicación 3, **caracterizado** porque los aditivos son termoplásticos con diferentes rendimientos de carbono.
- 25 5. Cuerpo cerámico compuesto conforme a la Reivindicación 3 ó 4, **caracterizado** porque los aditivos son termoplásticos como polietileno o propileno y/o elastómero como caucho de silicona y/o durómeros como resinas epoxídicas poco reticuladas y/o sustancias naturales como serrín.
- 30 6. Cuerpo cerámico compuesto conforme a al menos una de las Reivindicaciones 3-5, **caracterizado** porque la porosidad se ajusta mediante la distribución del tamaño de grano de los aditivos utilizados como carbonos y/o grafitos y/o polvo de SiC y/o polvo de Si y/o polvo de B₄C.
- 35 7. Cuerpo cerámico compuesto conforme a, al menos, la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona superficial del cuerpo cerámico compuesto contiene SiC de aprox. un 20% hasta aprox. el 100% en peso, Si libre entre aprox. el 0% y aprox. el 30% en peso, carbono entre aprox. el 0% y aprox. el 80% en peso, Si₃N₄ entre aprox. el 0% y aprox. el 20% en peso y/o B₄C entre aprox. el 0% y aprox. el 20% en peso.
- 40 8. Cuerpo cerámico compuesto conforme a, al menos, la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la zona central del cuerpo cerámico compuesto contiene SiC entre aprox. el 0% y aprox. el 70% en peso, Si libre entre aprox. el 0% y aprox. el 30% en peso, carbono entre aprox. el 20% y aprox. el 100% en peso y/o B₄C en aprox. 0% y aprox. el 20% en peso.
- 45 9. Procedimiento para la elaboración de un cuerpo cerámico compuesto reforzado con fibra, diseñado particularmente para un componente tribológico como disco de freno, proporcionándose un cuerpo de carbono conteniendo fibras con la porosidad deseada, infiltrándose el cuerpo de carbono con silicio y ceramicándose el cuerpo iniciando una reacción química con formación de SiC, **caracterizado** porque, antes de la infiltración del cuerpo de carbono con Si, éste se estructura mediante fibras de diferentes número de filamentos y ajuste selectivo de la porosidad, de tal manera que el contenido en SiC del cuerpo cerámico compuesto aumente de manera constante o esencialmente constante partiendo del interior de la zona central hasta la zona superficial.
- 50 10. Procedimiento conforme a la Reivindicación 9, **caracterizado** porque se emplean fibras con mayor longitud en la zona central que en la zona superficial.
- 55 11. Procedimiento conforme a la Reivindicación 9, **caracterizado** porque se emplean fibras con menor número de filamentos en la zona superficial que en la zona central.
- 60 12. Procedimiento conforme a la Reivindicación 9, **caracterizado** porque la porosidad se ajusta con aditivos con diferentes rendimientos de carbono.
- 65 13. Procedimiento conforme a la Reivindicación 9 ó 12, **caracterizado** porque en la zona superficial se emplean aditivos, cuyo rendimiento de carbono es menor que en la zona central.
14. Procedimiento conforme a al menos una de las Reivindicaciones 9, 12 ó 13, **caracterizado** porque la porosidad se ajusta mediante la distribución del tamaño de grano de los aditivos.
15. Procedimiento conforme a al menos una de las Reivindicaciones 9, 12, 13 ó 14, **caracterizado** porque como aditivos se emplean termoplásticos como el polietileno o propileno y/o elastómeros como caucho de silicona y/o durómeros como resinas epoxídicas poco reticuladas y/o sustancias naturales como serrín.
16. Procedimiento conforme a al menos una de las Reivindicaciones 9, 12, 13, 14 ó 15, **caracterizado** porque como aditivos se emplean aquellos con diferente distribución del tamaño de grano como los carbonos y/o grafitos y/o polvo de SiC y/o polvo de Si y/o polvo de B₄C.

ES 2 318 116 T3

17. Procedimiento conforme a al menos una de las Reivindicaciones 9 a 16 para la elaboración de un componente tribológico, particularmente en forma de un disco de embrague, **caracterizado** porque se emplea un tejido consistente en capas individuales, porque las capas externas de tejido se recubren por medio de un recubrimiento por pulverizado de un polvo de una materia prima renovable como madera y un ligante, porque las siguientes capas de tejido correspondientemente se recubren por pulverizado, reduciéndose desde fuera hacia dentro la proporción en peso de los materiales aplicados mediante el recubrimiento por pulverizado de la totalidad de las capas de tejido recubiertas por pulverizado.

18. Procedimiento conforme a la Reivindicación 17, **caracterizado** porque las capas correspondientemente a la evolución del gradiente obtenido mediante el recubrimiento por pulverizado se insertan en un molde como una matriz RTM, se infiltran con una resina y entonces se endurecen.

19. Procedimiento conforme a la Reivindicación 17 ó 18, **caracterizado** porque tras el endurecimiento se lleva a cabo una carbonización, después un procesamiento y finalmente una silicación.

20. Procedimiento conforme a al menos una de las Reivindicaciones 9 a 19, **caracterizado** porque para la elaboración del cuerpo cerámico compuesto se emplean una o varias preformas.

