

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 498**

21 Número de solicitud: 201830741

51 Int. Cl.:

**F01N 3/023** (2006.01)

**B01D 39/16** (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**20.07.2018**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**11.05.2020**

Fecha de concesión:

**19.07.2021**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**26.07.2021**

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA (100.0%)**  
**Paseo de las Delicias, s/n -Pabellón de Brasil-**  
**41013 Sevilla (Sevilla) ES**

72 Inventor/es:

**MARTÍNEZ FERNÁNDEZ, Julián;**  
**CHACARTEGUI RAMIREZ, Ricardo;**  
**RAMÍREZ RICO, Joaquin;**  
**BECERRA VILLANUEVA, José Antonio;**  
**ORIHUELA ESPINA, María del Pilar y**  
**GÓMEZ MARTÍN, Aurora**

74 Agente/Representante:

**PONS ARIÑO, Ángel**

54 Título: **FILTRO PARA PARTÍCULAS DE MOTORES DIÉSEL UTILIZANDO CARBURO DE SILICIO BIOMÓRFICO**

57 Resumen:

Utilización de carburo de silicio biomórfico como sustrato en filtros de flujo de pared en motores diésel. La presente invención se refiere a un filtro para partículas liberadas tras la combustión en motores diésel que comprende un filtro de flujo de pared de carburo de silicio biomórfico. El resultado es un nuevo filtro cerámico cuya microestructura jerarquizada depende de la selección de un precursor vegetal óptimo. Siguiendo el diseño y la geometría habitual de los filtros de flujo de pared, se favorece una mejora de las especificaciones técnicas de eficiencia y de pérdida de carga. La presente invención es de aplicación al sector automovilístico e industrial, en particular a la eliminación de partículas y purificación de gases residuales en procesos de combustión.

ES 2 759 498 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015. Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

**DESCRIPCIÓN****FILTRO PARA PARTÍCULAS DE MOTORES DIÉSEL UTILIZANDO CARBURO DE SILICIO BIOMÓRFICO**

5

La presente invención se refiere a un filtro para partículas liberadas tras la combustión en motores diésel que comprende un filtro de flujo de pared de carburo de silicio biomórfico. El resultado es un nuevo filtro cerámico cuya microestructura jerarquizada depende de la selección de un precursor vegetal óptimo. Siguiendo el diseño y la geometría habitual de los filtros de flujo de pared, se favorece una mejora de las especificaciones técnicas de eficiencia y de pérdida de carga. La presente invención es de aplicación al sector automovilístico e industrial, en particular a la eliminación de partículas y purificación de gases residuales en procesos de combustión.

15 **ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

La normativa europea establece unos límites de emisión a todos los vehículos diésel, dicho límite de emisión en el número de partículas es de  $6 \times 10^{11}$  partículas/km y donde dichas partículas tienen un límite de 4,5 mg/km en su masa. Los avances en el diseño de los motores contribuyen a reducir su producción de partículas pero no son suficientes para satisfacer estos umbrales, por lo que se hace necesario emplear, además, sistemas postratamiento.

Actualmente, el sistema de postratamiento más empleado para el control de emisiones de partículas en motores de automoción diésel son los filtros de flujo de pared (en su terminología en inglés *wall-flow filters*). Los filtros de flujo de pared son los filtros de partículas con mayor trayectoria en el mercado dada su reconocida eficiencia de filtración, capaz de satisfacer no solo los estándares actuales sino también de hacer frente a futuros endurecimientos de la normativa. El principal problema de los filtros de flujo de pared es la pérdida de carga que introducen en el escape y las dificultades asociadas al proceso de regeneración a bordo. Dicho proceso de regeneración es impedido por la elevada contrapresión en el escape del motor que a su vez incrementa las pérdidas asociadas al lazo de bombeo del motor y con ello aumenta el consumo de combustible y las emisiones de CO<sub>2</sub> al medio. Por ello, reducir y/o controlar la pérdida de carga de los filtros es hoy en día un objetivo recurrente en muchos de los trabajos de investigación que se desarrollan en el ámbito de los filtros de partículas diésel. Por

otro lado, la rápida saturación del filtro y las dificultades que supone la regeneración de dichos filtros son retos adicionales que presentan los filtros actuales.

5 El comportamiento de un filtro de flujo de pared en términos de eficiencia y pérdida de carga está determinado a nivel macroscópico por su geometría (longitud, sección, densidad celular, espesor de pared) y a nivel microscópico por las propiedades del material empleado como sustrato (permeabilidad, porosidad, tamaño de poro, tortuosidad). Dada una determinada geometría, las propiedades microestructurales del sustrato son las que determinan la pérdida de carga y la eficiencia de filtración del  
10 filtro. El problema es que la pérdida de carga y la eficiencia de filtración van generalmente de la mano; un aumento de la primera conlleva generalmente un aumento de la segunda y viceversa. Uno de los principales retos en la actualidad es diseñar sustratos que reduzcan la pérdida de carga del filtro sin perjudicar su eficiencia de filtración.

15

Por otra parte, los filtros deben tener un buen comportamiento en los procesos de regeneración. Una regeneración lenta del filtro (baja velocidad de combustión de las partículas acumuladas) sería más segura para el filtro, pero supondría una mayor penalización al consumo de combustible del motor. Lo habitual es regenerar mediante  
20 el proceso *drop-to-idle*. Este proceso consiste en reducir rápidamente el flujo de gas justo después de iniciada la regeneración, de forma que se produzca un pico de temperatura y se acelere la combustión del hollín. El problema es que este proceso genera un elevado estrés térmico cíclico en el material que, en determinadas condiciones, puede provocar la fractura del mismo y su consiguiente colapso. Una  
25 posible solución a este problema es el uso de un material poroso diferente que, manteniendo la misma eficacia de captación de partículas y una baja pérdida de carga por más tiempo, sea también más sensible a la regeneración, y capaz de provocar la combustión del hollín a menor temperatura.

30 Los principales requerimientos que deben cumplir los materiales considerados como materiales para filtros de partículas son que dicho material presente una alta eficiencia de filtración, baja pérdida de carga, alta estabilidad térmica y química, y altas capacidades para resistir los diversos ciclos de calentamiento que se darán en los consecuentes ciclos de regeneración del filtro. En este sentido, actualmente, los  
35 materiales más empleados como filtro de partículas son Cordierita

( $2\text{MgO}\cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 5\text{SiO}_2$ ), Carburo de Silicio (SiC), Mullita (ACM,  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ), Titanato de Aluminio (AT,  $\text{Al}_2\text{TiO}_5$ ), y Espumas de aleaciones (AF).

5 En función de la combinación de porosidad, tamaño de poro y ordenación microestructural el filtro resultante tendrá unas características en cuanto a eficiencia de filtración, pérdida de carga y comportamiento a regeneración. El desarrollo de nuevos filtros de partículas combinando nuevos materiales de sustratos y geometrías con combinación de propiedades optimizadas permitirá mejorar las prestaciones frente a los sistemas de filtrado existentes

10

### **DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere a un filtro para partículas liberadas tras la combustión en motores diésel utilizando un carburo de silicio biomórfico, de determinadas características, en filtros de flujo de pared para dichas partículas emitidas por los motores diésel. El carburo de silicio biomórfico (bioSiC) es un tipo particular de carburo de silicio que se obtiene de la pirolisis de madera y su posterior infiltración con silicio. El bioSiC se caracteriza por tener una microestructura porosa que replica la microestructura celular biológica del precursor leñoso empleado en su fabricación. Una de sus principales ventajas con respecto a los materiales comerciales actuales es la posibilidad que ofrece de manipular sus propiedades microestructurales mediante la adecuada selección del precursor.

20

En la presente invención se entiende lo mismo por “filtro de flujo de pared” que por “conjunto de discos”.

25

Dicho bioSiC se caracteriza por presentar una microestructura jerárquica que replica la microestructura del patrón vegetal original. El bioSiC puede tener permeabilidades de entre  $10^{-11} \text{ m}^2$  y  $10^{-12} \text{ m}^2$  y conductividades térmicas en el rango de  $4 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  a  $88 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Además, el proceso de fabricación del bioSiC difiere considerablemente del de otros materiales cerámicos granulares.

30

Las ventajas del uso de bioSiC como sustrato en filtros de flujo de pared, de cara a su aplicación a los filtros de flujo de pared para motores de combustión interna, frente al uso de los sustratos comerciales de SiC granular son:

35 - En primer lugar, el bioSiC tiene menor coeficiente de expansión térmica (en sus

siglas en inglés CTE) que el SiC, lo que le confiere mayor resistencia al choque térmico (TSR, de sus siglas en inglés). A 200 °C, el CTE del bioSiC ronda los  $2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ; mientras que el CTE del  $\beta$ -SiC puede ser  $3.5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . A 800 °C, el CTE del bioSiC ronda los  $3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ; mientras que el CTE del  $\beta$ -SiC puede ser  $5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Y como el TSR es inversamente proporcional al CTE, pues el TSR del bioSiC puede superar al del  $\beta$ -SiC. Gracias a su mayor resistencia al choque térmico, es previsible que el bioSiC resista mejor los procesos de regeneración y presente mayor durabilidad. Además, es probable que reduzca la necesidad de fabricar los filtros de SiC de forma segmentada como se hacen habitualmente para limitar la expansión térmica que se produciría de fabricarse en una única pieza.

- En segundo lugar, el amplio espectro de microestructuras diferentes que ofrece el bioSiC dependiendo del precursor de seleccionado, ensancha la originalmente estrecha relación entre eficiencia de filtración y pérdida de carga. Es decir, en sustratos granulares, a mayor eficiencia de filtración, mayor pérdida de carga y viceversa. Y aunque se puede manipular un poco el tamaño y la forma de los granos, la relación entre ambas variables es estrecha y no permite mejorar una de ellas sin perjudicar la otra. El bioSiC, en cambio, ofrece una mayor independencia entre eficiencia de filtración y pérdida de carga.

En un primer aspecto, la presente invención se refiere al filtro para partículas de motores diésel caracterizado por que comprende los siguientes elementos

(i) un conjunto de discos (1) que tiene una longitud total de entre 0,12 m y 0,25 m, donde cada disco está compuesto de carburo de silicio biomórfico que

- tiene una microestructura jerarquizada de poros
  - con un primer tamaño de poro de entre 2  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ ; y
  - un segundo tamaño de poro de entre 30  $\mu\text{m}$  y 440  $\mu\text{m}$ ; y
- tiene un porcentaje de porosidad de entre 45 % y 75 %;
- tiene un diámetro de entre 0,14 m y 0,18 m y un grosor de entre 0,005 m y 0,010 m; y
- presenta una conformación de canales longitudinales a lo largo del grosor del disco, donde dichos canales se encuentran entre 50 celdas por centímetro cuadrado (en sus siglas en inglés, cpsc) y 60 celdas por centímetro cuadrado (cpsc),

donde los canales de cada disco están alineados con los canales del disco anterior y

posterior,

y donde el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida,

y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de

5 salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;

donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales  
10 configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión del segundo disco de salida, y viceversa;

donde los discos están unidos entre sí por un adhesivo;

de manera que el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel que contienen partículas y residuos de un tamaño de entre 1 nm y 100 µm quedan  
15 retenidas en las paredes de los canales del conjunto de discos y el flujo de gases de la combustión del motor diésel continúa su camino hacia el tubo de escape de gases;

(ii) un recubrimiento aislante (2), envolviendo el conjunto de discos (1), que mantiene estable la temperatura de trabajo del filtro;

(iii) un sistema de post-inyección (3) para aumentar la entrada de combustible al motor principal (4) cuando hay una sobrepresión excesiva en el escape, e inducir la  
20 combustión y eliminación de las partículas acumuladas en el filtro;

(iv) un sensor de presión diferencial (5) del flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel, que tiene dos sondas conectadas, una primera sonda situada a la entrada del conjunto de discos por el primer disco de entrada y una segunda sonda  
25 situada a la salida del conjunto de discos por el segundo disco de salida, y que mide la diferencia de presión en el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel antes de la entrada en el filtro y del flujo de gases de salida del filtro, y envía dichos datos recogidos al sistema electrónico de monitorización y control (7);

(v) al menos dos sensores de temperatura (6), uno en la sección de entrada del filtro y  
30 otro en la sección de salida del mismo, que registran la temperatura del flujo de gases en ambos puntos y envían los datos recogidos al sistema electrónico de monitorización y control (7); y

(vi) un sistema electrónico de monitorización y control (7) que recoge los datos del sensor de presión diferencia (5) y de los sensores de temperatura (6), monitoriza el  
35 proceso de retención de partículas en el conjunto de discos (1), y activa el sistema de

post-inyección (3) cuando la sobrepresión en el escape dada por el sensor diferencial de presión (5) alcanza un determinado nivel.

En la presente invención se entiende por “carburo de silicio biomórfico o bioSiC” a cualquier carburo de silicio (material cerámico) poroso obtenido a partir de la pirólisis e infiltración con silicio de un precursor vegetal, resultando en un material con la misma resistencia térmica y mecánica que el carburo de silicio obtenido por métodos de sinterización convencionales, pero con una microestructura celular porosa jerarquizada que favorece la preservación de una baja pérdida de carga en periodos de tiempo prolongados. Dicha microestructura porosa jerárquica replica la microestructura del patrón original, que tiene origen celulósico o es un material celulósico. Para la caracterización de la porosidad de dichos bioSiC, así como el porcentaje de los poros se emplea el método de porosimetría de mercurio. La porosimetría de mercurio está basada en el efecto de depresión capilar. Cuando un absorbente sólido se sumerge en un líquido que no moja, como es el caso del mercurio, el líquido penetra en sus poros sólo por la acción de una presión externa. El radio del poro es inversamente proporcional a la presión aplicada, a presiones bajas se llenan los poros grandes y cada incremento de presión provoca que el mercurio penetre en poros de radio cada vez más pequeño. A partir de la intrusión de mercurio en una muestra se pueden obtener parámetros texturales característicos como tamaño de poro, distribución de volumen de poro y porosidad total de la muestra.

En la presente invención se entiende por “material de origen celulósico o material celulósico” a cualquier material en bloque que proviene de las distintas especies vegetales seleccionadas de entre la lista: pino en corte axial, ayous en corte axial, iroko en corte axial, roble en corte axial, tablero de fibra de densidad media, pino en corte radial, ayous en corte radial, iroko en corte radial y roble en corte radial, y de la cual depende el tamaño del primer rango de poros y del segundo rango de poros, así como la densidad, permeabilidad, porosidad y superficie específica del carburo de silicio biomórfico.

En la presente invención se entiende por “estructura jerarquizada o estructura microporosa jerarquizada” a la estructura característica de los tejidos vegetales en la que poros de distintas dimensiones se combinan mediante agrupación y se distribuyen según un ordenamiento específico en respuesta a causas genéticas y/o climáticas

desde los niveles más pequeños, los nanoporos y los mesoporos, hasta los microporos y macroporos de tamaño superior, y que dan lugar a las diferentes estructuras de las maderas seleccionadas en la presente invención.

5 En la presente invención se entiende por “temperatura de trabajo del filtro” a aquella en la que el filtro de flujo de pared de la presente invención se encuentra la mayor parte del tiempo durante su funcionamiento a bordo del vehículo como consecuencia de las condiciones térmicas de entrada de la corriente de gases procedentes del motor, y que resulta de un valor de entre 300 °C y 400 °C

10

En la presente invención se entiende por “recubrimiento aislante” a cualquier material de baja conductividad que, colocado sobre la superficie exterior del conjunto de discos a modo de camisa envolvente, previene el intercambio térmico con la carcasa y con el ambiente. El material empleado en el recubrimiento aislante debe ser fácil de  
15 manipular e instalar, a la vez que proporcionar una alta densidad de aislamiento. En la presente invención los recubrimientos aislantes son: lana de vidrio, lana de roca, espuma de caucho, o bobinas de aluminio.

20

En la presente invención se entiende por “sistema de post-inyección” a la inyección de combustible en los motores diésel que se realiza con retraso respecto al punto muerto superior del pistón. Esta inyección aporta un combustible que no puede quemarse en el interior del cilindro por falta de tiempo y de oxígeno cerca. El combustible se quema durante la fase de escape, elevando considerablemente la temperatura de estos gases durante su salida a la atmósfera. Este tipo de inyección se emplea para elevar la  
25 temperatura de los gases a su paso por el filtro de flujo de pared y provocar la combustión de las partículas retenidas en el mismo, es decir, su regeneración.

30

En la presente invención se entiende por “sensor de presión diferencial” a aquel que se encarga de medir la diferencia de presión que hay en los gases de escape, entre la  
30 entrada y la salida del filtro de partículas, y por tanto, el que se encarga de medir de forma de indirecta el nivel de saturación de partículas en el sustrato poroso del filtro. El sensor de presión diferencial ha de contar necesariamente con dos tomas de presión. Las dos tomas de presión convergen en una salida eléctrica, empleando una lógica de comparación entre ambos puertos de presión, por lo que tendremos un valor de  
35 tensión positivo según sea el incremento de presión o negativo, según sea el



decremento de presión, de una toma respecto a la otra. El sensor empleado puede ser de cualquier tipo: un transductor capacitivo, un sensor piezo-eléctrico, o un sensor de membrana.

5 En la presente invención se entiende por “carburo de silicio granular” a cualquier carburo de silicio fabricado por sinterización a partir de carburo de silicio en polvo, resultando en un material poroso con microestructura en forma de granos, con porosidad final de entre 40% y 50% y tamaño de poro de entre 10  $\mu\text{m}$  y 20  $\mu\text{m}$ , ambos dependientes del tamaño de las partículas de polvo y del tipo de aglutinante.

10

Las ventajas asociadas al filtro de partículas descrito en el primer aspecto son

- una filtración de las partículas y residuos contenidas en el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel en todo el rango de tamaño de partículas: desde las más grandes que quedan retenidas en el sustrato poroso principalmente por interceptación, a las más pequeñas que se adhieren a las paredes del mismo principalmente por fenómenos de difusión. debido al complejo camino que siguen a lo largo de la estructura microporosa jerarquizada del bioSiC.
- 15 - una mayor eficiencia de filtración en el estado inicial (limpio) con respecto a los filtros convencionales y en el mercado,
- 20 - una pérdida de carga manipulable y reducible en función de la elección del precursor vegetal con que se fabrique el bioSiC,
- una liberación de partículas en el escape menor que la de los filtros convencionales y en el mercado, y muy inferiores al límite establecido por la
- 25 normativa.

En una realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde los canales de cada disco que forman el conjunto de discos tienen forma cuadrada en la dirección perpendicular a la longitud del canal.

30

En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde la conformación de canales cuadrados es una conformación de panal de abeja y donde los cuadrados tienen un lado de tamaño de entre 0,8 mm y 1 mm, y un espesor de pared de entre 0,3 mm y 0,4 mm;

35

En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde todos los discos son iguales entre si y tienen el mismo número de canales.

5 En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde el conjunto de discos están unidos por un adhesivo resistente a temperaturas de entre 15 °C y 1000 °C, como es el Nural 30® (Pattex).

10 En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, que además comprende un bloque (8) que comprende un catalizador de oxidación seleccionado de entre los siguientes: M-Series DOC® (Nett Technologies), AZ Purifier® (CDTi), DOC estándar® (Donaldson), Empro DOC® (BASF), así como cualquier otro adecuado para el proceso de oxidación de las partículas retenidas, y que está situado adyacentemente al conjunto de discos de manera que el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel entra primero a su través y luego a través del conjunto  
15 de discos.

En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, que además comprende una carcasa (9) con secciones cónicas de entrada y salida de gases del motor diésel para el encapsulamiento del filtro, que engloba todos los elementos del  
20 filtro de flujo de pared.

En la presente invención se entiende por “catalizador de oxidación diésel o DOC” a todo bloque monolítico de estructura de panal de abeja con canales abiertos impregnada de catalizador que, colocado aguas arriba del filtro de flujo de pared,  
25 contribuye a reducir el monóxido de carbono (CO), hidrocarburos ( $C_xH_y$ ) y parcialmente hidrocarburos oxidados ( $C_xH_yO$ ) y material particulado diésel a sustancias inertes y no contaminantes para el medio ambiente. En la presente invención pueden emplearse catalizadores que oxiden en el rango de temperaturas buscado, cuyo elemento catalizador sean elementos tales como platino, paladio y  
30 óxido de cerio, así como cualquier otro que cumpla con los requisitos establecidos, y que se seleccionan de entre los siguientes de comerciales M-Series DOC® (Nett Technologies), AZ Purifier® (CDTi), DOC estándar® (Donaldson), Empro DOC® (BASF).

35 En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde la mitad

de los canales configurados para bloquear el paso de del flujo de gases y residuos de la combustión, comprende un relleno de pasta moldeable de carburo de silicio granulado.

- 5 En otra realización preferida del filtro para partículas de motores diésel, donde la mitad de los canales configurados para bloquear el paso de del flujo de gases y residuos de la combustión, es obtenido mediante mecanizado.

Otro aspecto de la presente invención es el conjunto de discos caracterizado por que

- 10 • tiene una longitud total de entre 0,12 m y 0,25 m;  
formado por discos unidos entre sí,  
donde cada disco está compuesto de material cerámico poroso de carburo de silicio biomórfico que tiene una microestructura jerarquizada de poros
- con un primer tamaño de poro de entre 2  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ ; y
  - 15 ○ un segundo tamaño de poro de entre 30  $\mu\text{m}$  y 440  $\mu\text{m}$ ; y
- donde dicho material tiene un porcentaje de porosidad de entre 45 % y 75 %;
  - tiene un diámetro de entre 0,14 m y 0,18 m y un grosor de entre 0,005 m y 0,010 m; y
  - presenta un conformación de canales longitudinales a lo largo del grosor del
  - 20 disco,
  - donde dichos canales se encuentran entre 50 celdas por centímetro cuadrado (cpsc) y 60 celdas por centímetro cuadrado (cpsc),
  - donde los canales de cada disco quedan alineados con los canales del disco anterior y posterior,
- 25 donde el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida;
- donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer
- 30 disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;
- donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión
- 35 del segundo disco de salida, y viceversa;

Una realización preferida del conjunto de discos, donde dichos discos están unidos por un adhesivo resistente a temperaturas, de entre 15 °C y 1000 °C, como es el Nural 30® (Pattex).

5

Otra realización preferida del conjunto de discos, donde los canales son de forma cuadrada en la dirección perpendicular a la longitud del canal.

Otra realización preferida del conjunto de discos, donde todos los discos son iguales y tienen el mismo número de canales.

10

Otra realización preferida del conjunto de discos, donde la conformación de canales cuadrados y longitudinales es una conformación de panal de abeja y donde los cuadrados tienen un lado de tamaño de entre 0,8 mm y 0,1 mm, y un espesor de pared de entre 0,3 mm y 0,4 mm.

15

En la presente invención el procedimiento de obtención del conjunto de discos del bioSiC descrito anteriormente está definido por las siguientes etapas:

20

a) realizar una pirólisis de un bloque precortado y seco de material celulósico mediante calentamiento a temperatura de entre 900 °C y 1050 °C en ausencia de oxígeno;

b) realizar un mecanizado transversal acanalado de las piezas pirolizadas de la etapa (a), un fresado perimetral y un refrentado de las superficies superior e inferior;

25

c) recubrir las piezas mecanizadas obtenidas en la etapa de mecanizado transversal (b) con silicio en polvo en una cantidad de entre un 350 % y un 400 % en masa del carbón de la pieza obtenida en la etapa (b) y calentar en vacío hasta una temperatura por encima de la temperatura de fusión del silicio;

30

d) eliminar el silicio residual de las piezas obtenidas en la etapa de recubrimiento (c) por capilaridad y evaporación por calentamiento a vacío por encima de la temperatura de evaporación del silicio;

e) limpiar las piezas obtenidas en la etapa de eliminación de silicio (d) del polvo de silicio residual que pueda quedar en el interior de los canales;

35

f) pulir las superficies superior e inferior de las piezas obtenidas en la etapa de limpieza (e);

- g) unir las piezas obtenidas en la etapa de pulido (f) con adhesivo sellante resistente a alta temperatura; y
- h) bloquear manualmente los canales alternados de las piezas inicial y final de las piezas unidas obtenidas tras la etapa de unión (g) con pasta moldeable de carburo de silicio en una configuración tal que el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida;
- 5 donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;
- 10 donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión del segundo disco de salida, y viceversa.
- 15

Otro procedimiento de obtención del conjunto de discos del bioSiC descrito anteriormente está definido por las siguientes etapas:

- a) realizar una pirólisis de un bloque precortado y seco de material celulósico mediante calentamiento a temperatura de entre 900 °C y 1050 °C en ausencia de oxígeno;
- 20 b) realizar un mecanizado transversal acanalado de las piezas pirolizadas de la etapa (a), un fresado perimetral y un refrentado de las superficies superior e inferior;
- 25 c) realizar un mecanizado adicional, preferiblemente un refrentado, de al menos dos de las piezas obtenidas tras la etapa de mecanizado (b) para el bloqueo de los canales alternados en las piezas inicial y final del filtro;
- d) recubrir las piezas mecanizadas obtenidas en las etapas de mecanizado (b) y (c) con silicio en polvo en una cantidad de entre un 350 % y un 400 % en masa del carbón de la pieza obtenida en la etapa (b) y (c) y calentar en vacío hasta una temperatura por encima de la temperatura de fusión del silicio;
- 30 e) eliminar el silicio residual de las piezas obtenidas en la etapa de recubrimiento (d) por capilaridad y evaporación por calentamiento a vacío por encima de la temperatura de evaporación del silicio;
- 35 f) limpiar las piezas obtenidas en la etapa de eliminación de silicio (e) del polvo

de silicio residual que pueda quedar en el interior de los canales;

g) pulir las superficies superior e inferior de las piezas obtenidas en la etapa de limpieza (f);

5 h) unir las piezas obtenidas en la etapa de pulido (f) con adhesivo sellante resistente a alta temperatura, en una configuración tal que el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida;

10 donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;

15 donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión del segundo disco de salida, y viceversa.

El resultado de dichos procedimientos es la obtención de un filtro con geometría y canales con una microestructura que replica la del precursor vegetal original (Figura 2). Entre las principales ventajas de dicho procedimiento de obtención de bioSiC cabe  
20 destacar:

- Es posible obtener una amplia gama de materiales filtrantes con propiedades físico-química-microestructurales diseñables, como su porosidad total, distribución de tamaño de poro, mediante la selección del precursor vegetal de partida de entre los distintos precursores vegetales disponibles, previamente  
25 descritos.

- El material final conserva la microestructura celular del precursor de madera de partida, otorgándole así unas óptimas propiedades de filtrado, baja pérdida de presión durante su uso como filtro, y adecuadas propiedades mecánicas debido a su morfología de poros direccionalmente interconectados y  
30 microestructura jerárquica que es el resultado de millones de años de evolución y son difíciles de replicar de manera artificial.

- Empleo de recursos naturales y renovables, tanto maderas de origen natural, como productos reciclados de madera (tableros de densidad media) en las  
35

cuales la materia prima son productos de desecho provenientes de la fabricación de otros productos de madera, otorgando un menor impacto en el medio ambiente y en la polución ambiental.

5 - Sin necesidad de añadir aditivos de sinterización.

- Posibilidad de fabricación de materiales cerámicos con formas complejas a partir del mecanizado previo de la preforma de carbón obtenida a partir de la pirolisis de la madera, permitiendo de esta manera otorgar a las piezas la estructura de panal de abeja con canales de sección cuadrada empleada en filtros de flujo de pared convencionales.

El procedimiento de obtención del filtro de partículas de motores diésel, comprende además las siguientes etapas además de las ya descritas para la obtención del conjunto de discos:

15 i) colocación del conjunto de discos en la carcasa (9) a continuación del bloque (8) que comprende catalizador de oxidación, y cierre de la misma asegurando una correcta colocación del recubrimiento aislante;

20 j) acople del conjunto obtenido en la etapa (i) en el tubo de escape del vehículo;

k) conexión de los extremos del sensor de presión diferencial (5), y de los dos sensores de temperatura (6) a las secciones cónicas de entrada y salida de la carcasa del conjunto bloque que comprende un catalizador de oxidación y el filtro de la presente invención.

25 l) colocación del sistema electrónico de monitorización y control (7); y

m) conexión del sensor de presión diferencial (5) y de los sensores de temperatura (6) al sistema electrónico de monitorización y control (7); y de éste, a su vez, al sistema de post inyección del motor.

30 Otro aspecto de la presente invención es el uso del conjunto de discos de la presente invención, como filtro de partículas de motores diésel.

Una realización preferida del uso del conjunto de discos de la presente invención es como filtro de flujo de pared de motores diésel para retener las partículas contenidas en el flujo de gases y residuos de la combustión de un motor diésel

A lo largo de la descripción y las reivindicaciones la palabra "comprende" y sus variantes no pretenden excluir otras características técnicas, aditivos, componentes o pasos. Para los expertos en la materia, otros objetos, ventajas y características de la invención se desprenderán en parte de la descripción y en parte de la práctica de la invención. Los siguientes ejemplos y figuras se proporcionan a modo de ilustración, y no se pretende que sean limitativos de la presente invención.

### BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

10

**FIG. 1** Micrografía de un disco de bioSiC procedente de tableros de DM. En este caso la microestructura es fibrosa pues el DM es una madera procesada compuesta de astillas de madera prensadas.

15

**FIG. 2** Un solo disco de bioSiC tras el proceso de mecanizado por control numérico donde se han efectuado canales cuadrados conformando una estructura general de panal de abeja típico de los filtros de partículas tipo wall-flow.

20

**FIG. 3** Prototipo terminado del filtro de flujo de pared o conjunto de discos de bioSiC, donde en dicho conjunto de discos se ve la configuración del primer disco de entrada para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión con pasta moldeable de carburo de silicio granulado, y con la mitad de los canales del primer disco de entrada en configuración para permitir el paso de flujo.

25

**FIG. 4** Esquema de un filtro para partículas en el escape de un motor diésel.

### EJEMPLOS

A continuación se ilustrará la invención mediante unos ensayos realizados por los inventores, que pone de manifiesto la efectividad del producto de la invención.

30

**Ejemplo 1. Procedimiento de obtención del conjunto de discos de carburo de silicio biomórfico o filtro de flujo de pared, para partículas diésel empleando como precursor tableros de densidad media (DM).**

35

El procedimiento de fabricación en ese caso se compondría de las siguientes etapas:



1. Una primera etapa de corte de los tableros de DM en placas de tamaño 40cm x 40cm y secado de los mismos en estufa a una temperatura de 70 °C durante 24 h para la eliminación de la humedad presente.
- 5 2. Una segunda etapa de pirólisis bajo atmósfera inerte de los bloques cortados, a partir del cual se produce la descomposición térmica de la materia orgánica, evaporación del agua y las sustancias volátiles, resultando una matriz de carbón que conserva la microestructura fibrosa del tablero de DM. En concreto, se empleó una atmósfera anóxica, velocidades de calentamiento de 0.5 °C por  
10 minuto hasta 500 °C y 1°C por minuto hasta 900 °C, que se mantiene durante 30 minutos y el posterior enfriamiento hasta temperatura ambiente.
- 15 3. Una tercera etapa de mecanizado de secciones de preformas de carbón obtenidas en la etapa dos, con geometría óptima de canales que posteriormente se unirán para conformar el filtro de flujo de pared. Mecanizado de discos de diámetro 14.2 cm y 1 cm de grosor, con estructura de panal de abeja, con canales cuadrados (58 cpsc) y 0.38 mm de espesor de pared. La forma se puede conformar mediante medios robotizados de control numérico.
- 20 4. Una cuarta etapa de infiltración de las piezas mecanizadas de carbón obtenidas en la etapa cuarta con silicio. Pesado de la cantidad óptima de silicio en polvo monocristalino en función de la densidad y la porosidad del carbón. Se añadirá un 15-25% más de la cantidad de silicio estequiométricamente  
25 necesaria (1:1) para la formación del SiC para garantizar la completa reacción de la preforma de carbón. El proceso de infiltración se llevará a cabo en crisoles no reactivos pintados con nitruro de boro, situando el polvo de silicio encima de las preformas de carbón. El proceso de calentamiento se realizará a una velocidad de calentamiento hasta una temperatura final de 1550°C, temperatura superior al punto de fusión de silicio y donde se producirá por  
30 capilaridad la infiltración completa de las muestras.
- 35 5. Una quinta etapa de eliminación del silicio residual en exceso presente en los poros de las muestras cerámicas, a partir de un proceso por capilaridad y evaporación a alta temperatura. Colocación de las piezas obtenidas en la etapa cuarta con exceso de silicio entre bloques de carbón poroso y se realiza el

calentamiento del conjunto en vacío por encima de la temperatura de evaporación del silicio (1800°C), obteniéndose de esta manera muestras con alta porosidad.

- 5           6. Una sexta etapa de limpieza de las piezas obtenidas en la etapa quinta; eliminación de polvo de silicio residual que pueda quedar en el interior de los canales y que pueda provocar su bloqueo.
- 10           7. Una séptima etapa de refrentado de las superficies superior e inferior de las piezas transversales acanaladas obtenidas en la etapa sexta , de tal forma que queden plano-paralelas y lo más pulidas posible, facilitando su unión a las piezas contiguas en etapas posteriores.
- 15           8. Una octava etapa de unión de las distintas secciones obtenidas en la etapa séptima con un adhesivo sellante resistente a alta temperatura de tal forma que el adhesivo permita la unión de las secciones sin el bloqueo de los canales longitudinales, obteniéndose piezas complejas con resistencias mecánicas similares a filtros comerciales.
- 20           9. Una novena etapa de bloqueo de canales alternados en las piezas inicial y final del filtro con pasta moldeable de carburo de silicio para la obtención del conjunto de discos con la estructura habitual para su utilización en un filtro de flujo de pared.

25   **Ejemplo 2. Características técnicas del bioSiC en función de la especie vegetal (material celulósico) seleccionada como precursora.**

Tabla 1: Parámetros característicos medidos de varias muestras ensayadas de bioSiC

Muestra de bioSiC	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	Permeabilidad (m <sup>2</sup> )	Porosidad (%)	Tamaño de poro (µm)	Superficie específica (m <sup>2</sup> /g)
Axial Ayous	0.87	3.6 · 10 <sup>-11</sup>	73	0.01-0.1 , 5-200	0.12
Axial Pino	1.43	9.4 · 10 <sup>-12</sup>	55	0.011 , 2-40	0.09
Axial Iroko	1.73	4.6 · 10 <sup>-11</sup>	46	0.012 , 2-200	0.04
Axial Roble	1.87	1.2 · 10 <sup>-11</sup>	42	0.01-0.02 , 5-100	0.03

Tableros de DM (ensayados en la dirección de compresión del tablero)	1.73	$1.0 \cdot 10^{-12}$	46	0.005-0.01 , 5-30	0.07
Radial Ayous	0.91	$2.2 \cdot 10^{-12}$	72	0.01 , 2-200	0.14
Radial Pino	1.35	$1.8 \cdot 10^{-12}$	58	0.005-0.011 , 5-50	0.06
Radial Iroko	1.57	$5.4 \cdot 10^{-12}$	51	0.01 , 1-200	0.05
Radial ORoble	1.66	$1.1 \cdot 10^{-12}$	49	0.011 , 2-50	0.06

Las muestras de ayous radial, pino radial, iroko radial y roble radial son las que presentan mayor eficiencia, entendida ésta como capacidad de retención de partículas. De entre las muestras axiales, el pino presenta una eficiencia comparable a la de las muestras radiales. En ayous axial y el iroko axial, en cambio, dada la presencia de macroporos dispuestos en la misma dirección del flujo, son los que presentan una menor eficiencia. El bioSiC fabricado a partir de tableros de DM presenta un comportamiento filtrante en términos de eficiencia y permeabilidad similar al de las muestras axiales cuando se ensaya en la dirección de compresión de las fibras, es decir cuando se hace fluir al gas perpendicularmente al plano de prensado que contiene a las fibras. Se ha comprobado que la permeabilidad del bioSiC procedente de tableros de DM cuando se ensaya en la dirección perpendicular a la de compresión puede presentar una permeabilidad de entre 1 y 2 órdenes de magnitud inferior.

15

Desde el punto de vista de la aplicación en cuestión, es decir de cara a la fabricación de un filtro de flujo de pared para vehículos diésel, se considera que un precursor adecuado para la fabricación del sustrato puede ser el pino axial dado su buen equilibrio entre alta eficiencia de filtración y pérdida de carga.

20

**Ejemplo 3. Utilización del conjunto de discos o filtro de flujo de pared para partículas diésel con un generador de hollín.**

Pequeños prototipos del conjunto de discos de la presente invención, fabricados a partir de tableros de DM, han sido ensayados a nivel de laboratorio, para comprobar su eficiencia de filtrado y pérdida de carga, con ayuda de un generador de hollín. Se trataba de conjuntos de discos de sección cuadrada de  $9,2 \times 9,2 \text{ mm}^2$  y 31 mm de longitud, con 45 canales en total, 21 de entrada y 24 de salida, lo que implica una densidad celular de 370 pcsi (58 celdas por centímetro cuadrado), y un espesor de pared de 0.3 mm. Los prototipos resultaron tener una eficiencia de filtración en el estado inicial (limpios) del 77% y una pérdida de carga de 2,3 kPa. Tras dos horas de funcionamiento, sometidos a una corriente gaseosa de 5 LPM de argón, a temperatura atmosférica, con un flujo másico de partículas de carbón de 4 mg/h y una distribución de tamaño de partícula caracterizada por tener un diámetro medio de 140  $\mu\text{m}$ , los prototipos alcanzaron eficiencias del orden del 100% y pérdidas de carga de 25 kPa.

**Ejemplo 4. Comportamiento del conjunto de discos o filtro de flujo de pared del ejemplo 1, en un filtro para partículas diésel en condiciones de operación reales de motores diésel.**

El conjunto de discos de carburo de silicio biomórfico del ejemplo 1, utilizado en un filtro de flujo de pared con la configuración descrita en la presente invención ha sido simulado en condiciones de operación reales, en un vehículo diésel real, y siguiendo un ciclo de conducción estándar (NEDC) de acuerdo a la normativa europea. El modelo numérico empleado para llevar a cabo la simulación fue inicialmente validado en base a los resultados experimentales con el prototipo a pequeña escala. Como resultado de dicha simulación, los inventores han calculado que el filtro de flujo de pared del ejemplo 1 tiene una eficiencia de filtración en el estado inicial (limpio) del 98% y una pérdida de carga de 3,5 kPa.

Esta eficiencia de filtración se traduce en una liberación máxima de partículas en el motor de  $8,75 \cdot 10^8$  partículas/km and 0,129 mg/km, lo que se encuentra considerablemente por debajo de los límites establecidos por la normativa. Los resultados de este filtro se han comparado con una serie de filtros comerciales encontrados en la literatura obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 2. Eficiencia de filtración inicial de un filtro de flujo de pared de partículas diésel fabricado a partir de tableros de DM comparada con la de otros filtros comerciales equivalentes

Fuente bibliográfica	Efic. de filtración inicial del DPF de referencia y T <sup>a</sup> de trabajo (%)	Efic. de filtración inicial de un DPF de bioSiC equivalente (%)	Diferencia
Tandon, 2010 [1]	38 (25 °C)	98.5	<b>+ 159 %</b>
Tandon, 2010 [1]	50 (25 °C)	98.2	<b>+ 96 %</b>
Tandon, 2010 [1]	77 (25 °C)	98.9	<b>+ 28 %</b>
Mizutani, 2007 [2]	86 (250 °C)	96.8	<b>+ 13 %</b>
Wolff, 2010 [3]	53 (200 °C)	95.8	<b>+ 81 %</b>
Wolff, 2010 [3]	60 (200 °C)	96.5	<b>+ 61 %</b>
Wolff, 2010 [3]	90 (240 °C)	94.0	<b>+ 4 %</b>
Bollerhoff, 2012 [4]	60 (250 °C)	96.6	<b>+ 61 %</b>
Bollerhoff, 2012 [4]	45 (250 °C)	97.8	<b>+ 117 %</b>
Tsuneyoshi, 2011 [5]	55 (350 °C)	94.7	<b>+ 72 %</b>
Dabhoiwala, 2009 [6]	52 (290 °C)	94.6	<b>+ 82 %</b>

- [1] P. Tandon, A. Heibel, J. Whitmore, N. Kekre, and K. Chithapragada, "Measurement and prediction of filtration efficiency evolution of soot loaded diesel particulate filters," *Chem. Eng. Sci.*, vol. 65, pp. 4751–4760, 2010.
- 5 [2] T. Mizutani *et al.*, "Filtration Behavior of Diesel Particulate Filters (2)," *SAE Tech. Pap. 2007 World Congr. (SAE Tech. Pap. 2007)*, 2007.
- [3] T. Wolff, H. Friedrich, L. Johannesen, and S. Hajizera, "A New Approach to Design High Porosity Silicon Carbide Substrates," *SAE Tech. Pap.*, vol. 2010-01–05, pp. 1–11, 2010.
- 10 [4] T. Bollerhoff, I. Markomanolakis, and G. Koltsakis, "Filtration and regeneration modeling for particulate filters with inhomogeneous wall structure," *Catal. Today*, vol. 188, no. 1, pp. 24–31, 2012.
- [5] K. Tsuneyoshi, O. Takagi, and K. Yamamoto, "Effects of Washcoat on Initial PM Filtration Efficiency and Pressure Drop in SiC DPF," *SAE Tech. Pap. Ser.*, vol. 1, no. 817, pp. 1–10, 2011.
- 15 [6] R. H. Dabhoiwala, J. H. Johnson, and J. D. Naber, "Experimental Study Comparing Particle Size and Mass Concentration Data for a Cracked and Un-Cracked Diesel Particulate Filter," *SAE Tech. Pap. Ser.*, vol. 2009-01–06, pp. 1–

12, 2009.

5 Tabla 3. Pérdida de carga inicial de un filtro de flujo de pared de partículas diésel fabricado a partir de tableros de DM comparada con la de otros filtros comerciales equivalentes

Fuente bibliográfica	$\Delta P$ del DPF de referencia (kPa)	$\Delta P$ de un DPF de bioSiC equivalente (kPa)	Diferencia
Mizutani, 2007 [2]	1.5	1.5	0 %
Mizutani, 2007 [2]	5.3	5.8	+ 9.4 %
Dabhoiwala, 2008 [7]	4.3	3.4	<b>- 20.9 %</b>
Dabhoiwala, 2008 [7]	8.0	6.0	<b>- 25.0 %</b>
Tsuneyoshi, 2011 [5]	1.9	2.0	+ 5.3 %
Wolff, 2010 [3]	2.5	4.2	+ 68.0 %
Wolff, 2010 [3]	4.9	9.0	+ 83.7 %
Wolff, 2010 [3]	4.5	9.2	+ 104.4 %

[2] T. Mizutani *et al.*, "Filtration Behavior of Diésel Particulate Filters (2)," *SAE Tech. Pap. 2007 World Congr. (SAE Tech. Pap. 2007)*, 2007.

[3] T. Wolff, H. Friedrich, L. Johannesen, and S. Hajizera, "A New Approach to Design High Porosity Silicon Carbide Substrates," *SAE Tech. Pap.*, vol. 2010-01-05, pp. 1-11, 2010.

[5] K. Tsuneyoshi, O. Takagi, and K. Yamamoto, "Effects of Washcoat on Initial PM Filtration Efficiency and Pressure Drop in SiC DPF," *SAE Tech. Pap. Ser.*, vol. 1, no. 817, pp. 1-10, 2011.

15 [7] R. H. Dabhoiwala, J. H. Johnson, J. D. Naber, and S. T. Bagley, "A Methodology to Estimate the Mass of Particulate Matter Retained in a Catalyzed Particulate Filter as Applied to Active Regeneration and On-Board Diagnostics to Detect Filter Failures," *SAE Tech. Pap. Ser.*, vol. 2008-01-07, pp. 1-23, 2008.

20 La eficiencia de filtración del filtro de flujo de pared de sustrato biomórfico es, en todos los casos, superior al del filtro comercial empleado como referencia. La pérdida de carga es superior en general pero inferior en dos de los casos.

Teniendo en cuenta que el filtro está fabricado de tableros de DM, y que éste era uno

de los precursores con menor permeabilidad, se infiere que el uso de otros precursores más permeables podría reducir significativamente la pérdida de carga. El pino axial, por ejemplo, tiene una eficiencia similar a la del DM pero con mayor permeabilidad, luego su uso podría mejorar aún más las prestaciones del filtro.

## REIVINDICACIONES

1. Un filtro para partículas de motores diésel caracterizado por que comprende los siguientes elementos:
- 5 (i) un conjunto de discos (1) que tiene una longitud total de entre 0,12 m y 0,25 m, donde cada disco está compuesto de carburo de silicio biomórfico que
- tiene una microestructura jerarquizada de poros
    - con un primer tamaño de poro de entre 2  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ ; y
    - un segundo tamaño de poro de entre 30  $\mu\text{m}$  y 440  $\mu\text{m}$ ; y
  - 10 • tiene un porcentaje de porosidad de entre 45 % y 75 %;
  - tiene un diámetro de entre 0,14 m y 0,18 m y un grosor de entre 0,005 m y 0,010 m; y
  - presenta una conformación de canales longitudinales a lo largo del grosor del disco, donde dichos canales se encuentran entre 50 celdas por centímetro
  - 15 cuadrado y 60 celdas por centímetro cuadrado,
- donde los canales de cada disco están alineados con los canales del disco anterior y posterior,
- y donde el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida,
- 20 y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;
- donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales
- 25 configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión del segundo disco de salida, y viceversa;
- donde los discos están unidos entre sí por un adhesivo;
- de manera que el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel que
- 30 contienen partículas y residuos de un tamaño de entre 1 nm y 100  $\mu\text{m}$  quedan retenidas en las paredes de los canales del conjunto de discos y el flujo de gases de la combustión del motor diésel continúa su camino hacia el tubo de escape de gases;
- (ii) un recubrimiento aislante (2), envolviendo el conjunto de discos (1), que mantiene estable la temperatura de trabajo del filtro;
- 35 (iii) un sistema de post-inyección (3) para aumentar la entrada de combustible al motor



principal (4) cuando hay una sobrepresión excesiva en el escape, e inducir la combustión y eliminación de las partículas acumuladas en el filtro;

(iv) un sensor de presión diferencial (5) del flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel, que tiene dos sondas conectadas, una primera sonda situada a la  
5 entrada del conjunto de discos por el primer disco de entrada y una segunda sonda situada a la salida del conjunto de discos por el segundo disco de salida, y que mide la diferencia de presión del flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel antes de la entrada en el filtro y del flujo de gases de salida del filtro, y envía dichos datos recogidos al sistema electrónico de monitorización y control (7); y

10 (v) al menos dos sensores de temperatura (6), uno en la sección de entrada del filtro y otro en la sección de salida del mismo, que registran la temperatura del flujo de gases en ambos puntos y envían los datos recogidos al sistema electrónico de monitorización y control (7);

(vi) un sistema electrónico de monitorización y control (7) que recoge los datos del  
15 sensor de presión diferencial (5) y de los sensores de temperatura (6), monitoriza el proceso de retención de partículas en el conjunto de discos (1), y activa el sistema de post-inyección (3) cuando la sobrepresión en el escape dada por el sensor diferencial de presión (4) alcanza un determinado nivel.

20 2. El filtro para partículas de motores diésel según la reivindicación 1, donde los canales de cada disco que forman el conjunto de discos tienen forma cuadrada en la dirección perpendicular a la longitud del canal.

3. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1  
25 o 2, donde la conformación de canales del conjunto de discos (1) es una conformación de panal de abeja y donde los cuadrados tienen un lado de tamaño de entre 0,8 mm y 0,1 mm, y una distancia entre canales de entre 0,3 mm y 0,4 mm.

4. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1  
30 a 3, donde todos los discos son iguales entre si y tienen el mismo número de canales.

5. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1  
a 4, donde el conjunto de discos están unidos por un adhesivo resistente a  
35 temperaturas de entre 15 °C y 1000 °C.

6. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que además comprende un bloque (8) que comprende un catalizador de oxidación y que está situado adyacentemente al conjunto de discos de manera que el flujo de gases y residuos de la combustión del motor diésel entra primero a su través y luego a través del conjunto de discos.

7. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que además comprende una carcasa (9) con secciones cónicas de entrada y salida de gases del motor diésel para el encapsulamiento del filtro, que engloba todos los elementos del filtro de flujo de pared.

8. El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la mitad de los canales configurados para bloquear el paso de del flujo de gases y residuos de la combustión, comprende un relleno de pasta moldeable de carburo de silicio granulado.

9 El filtro para partículas de motores diésel según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde la mitad de los canales configurados para bloquear el paso de del flujo de gases y residuos de la combustión, es obtenido mediante mecanizado.

10. Un conjunto de discos caracterizado por que

- tiene una longitud total de entre 0,12 m y 0,25 m;

formado por discos unidos entre sí,  
donde cada disco está compuesto de carburo de silicio biomórfico que tiene una microestructura jerarquizada de poros

- con un primer tamaño de poro de entre 2  $\mu\text{m}$  y 60  $\mu\text{m}$ ; y
- un segundo tamaño de poro de entre 30  $\mu\text{m}$  y 440  $\mu\text{m}$ ; y
- donde dicho material tiene un porcentaje de porosidad de entre 45 % y 75 %;
- tiene un diámetro de entre 0,14 m y 0,18 m y un grosor de entre 0,005 m y 0,010 m; y
- presenta un conformación de canales longitudinales a lo largo del grosor del disco,
- donde dichos canales se encuentran entre 50 celdas por centímetro cuadrado y 60 celdas por centímetro cuadrado,
- donde los canales de cada disco quedan alineados con los canales del disco

- anterior y posterior,  
donde el conjunto de discos comprende un primer disco de entrada y un segundo disco de salida;
- 5 donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y del segundo disco de salida del conjunto de discos, están configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión, y donde la mitad de los canales del primer disco de entrada y segundo disco de salida, están configurados para permitir el paso de flujo;
- 10 donde los canales configurados para bloquear el paso del flujo de gases y residuos de la combustión del primer disco de entrada se corresponden con los canales configurados para permitir el paso de flujo de gases y residuos de la combustión del segundo disco de salida, y viceversa;
11. El conjunto de discos según la reivindicación 10, donde dichos discos están unidos  
15 por un adhesivo resistente a temperaturas, de entre 15 °C y 1000 °C.
12. El conjunto de discos según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, donde los canales son de forma cuadrada en la dirección perpendicular a la longitud del canal.
- 20 13. El conjunto de discos según cualquiera de las reivindicaciones 10 u 11, donde todos los discos son iguales y tienen el mismo número de canales.
14. El conjunto de discos según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, donde la conformación de canales cuadrados y longitudinales es una conformación de panal de  
25 abeja y donde los cuadrados tienen un lado de tamaño de entre 0,8 mm y 0,1 mm, y un espesor de pared de entre 0,3 mm y 0,4 mm;
15. Uso del conjunto de discos según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, como filtro de partículas de motores diésel.  
30
16. Uso del conjunto de discos según la reivindicación 15, como filtro de flujo de pared de motores diésel para retener las partículas contenidas en el flujo de gases y residuos de la combustión de un motor diésel.

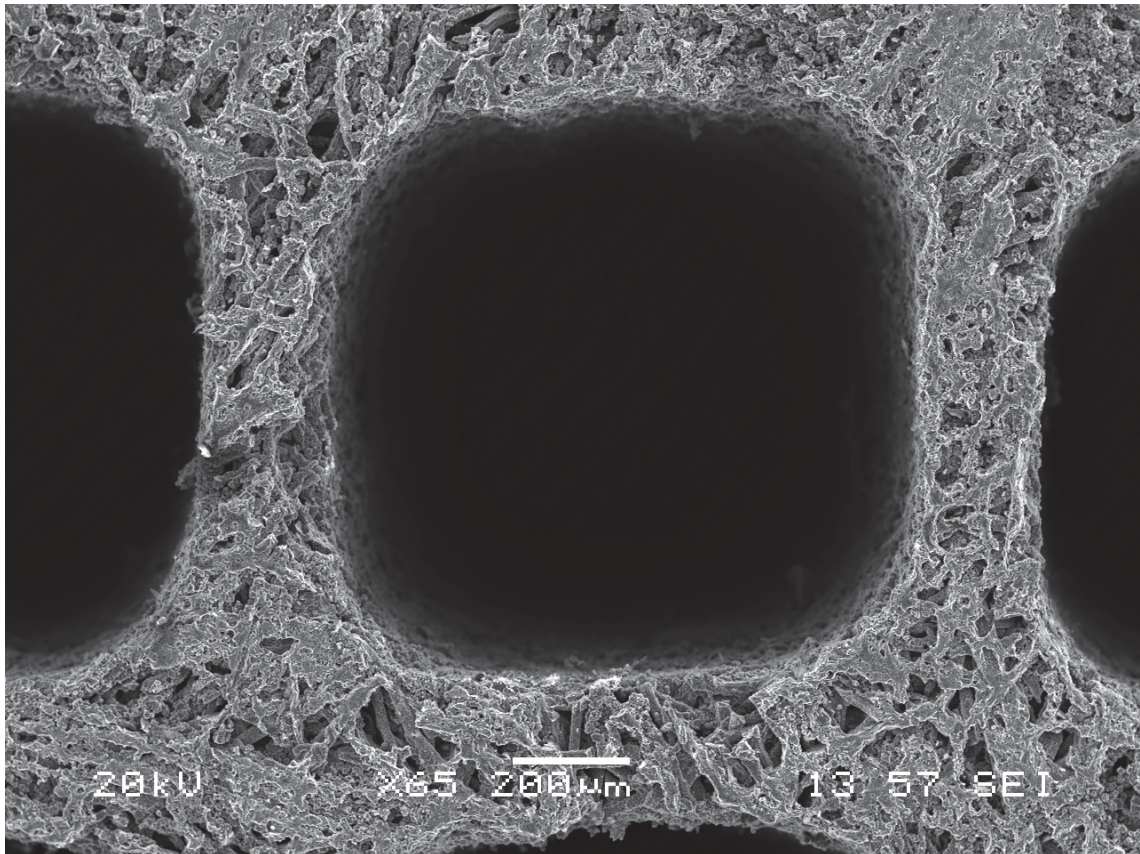


Fig. 1

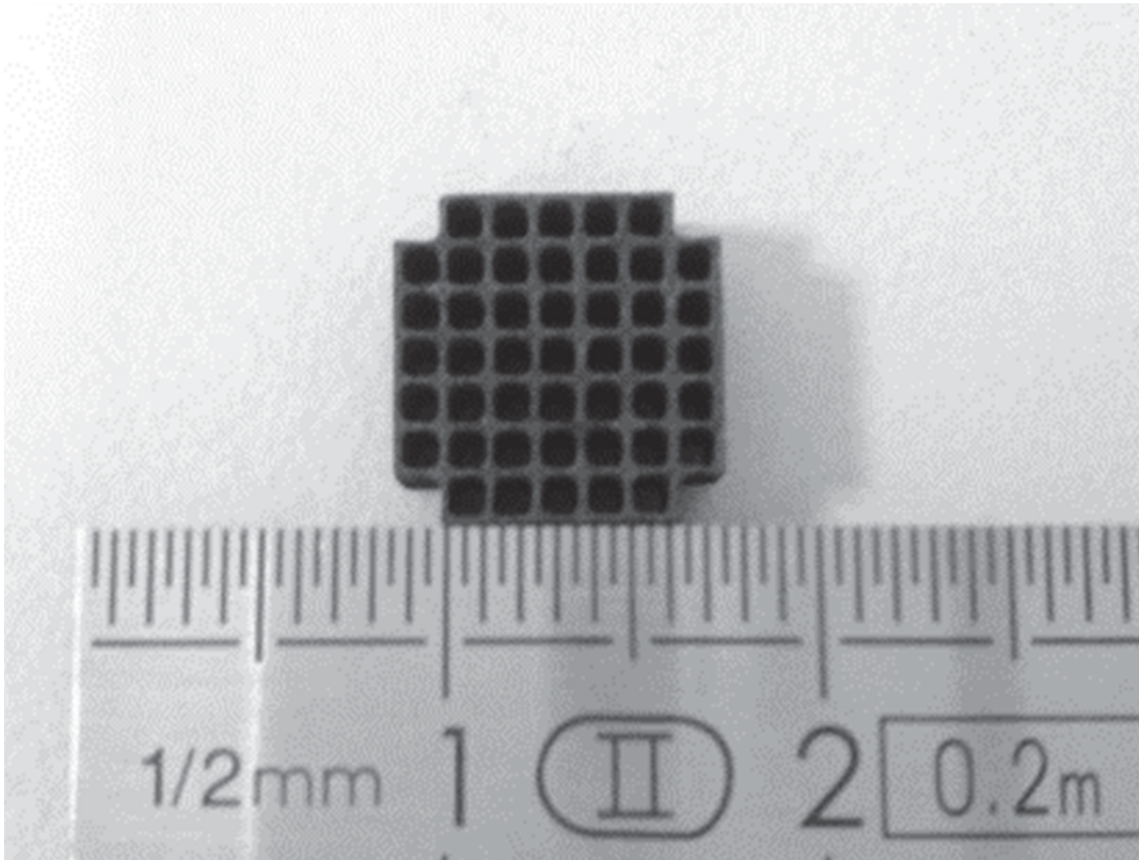


Fig. 2

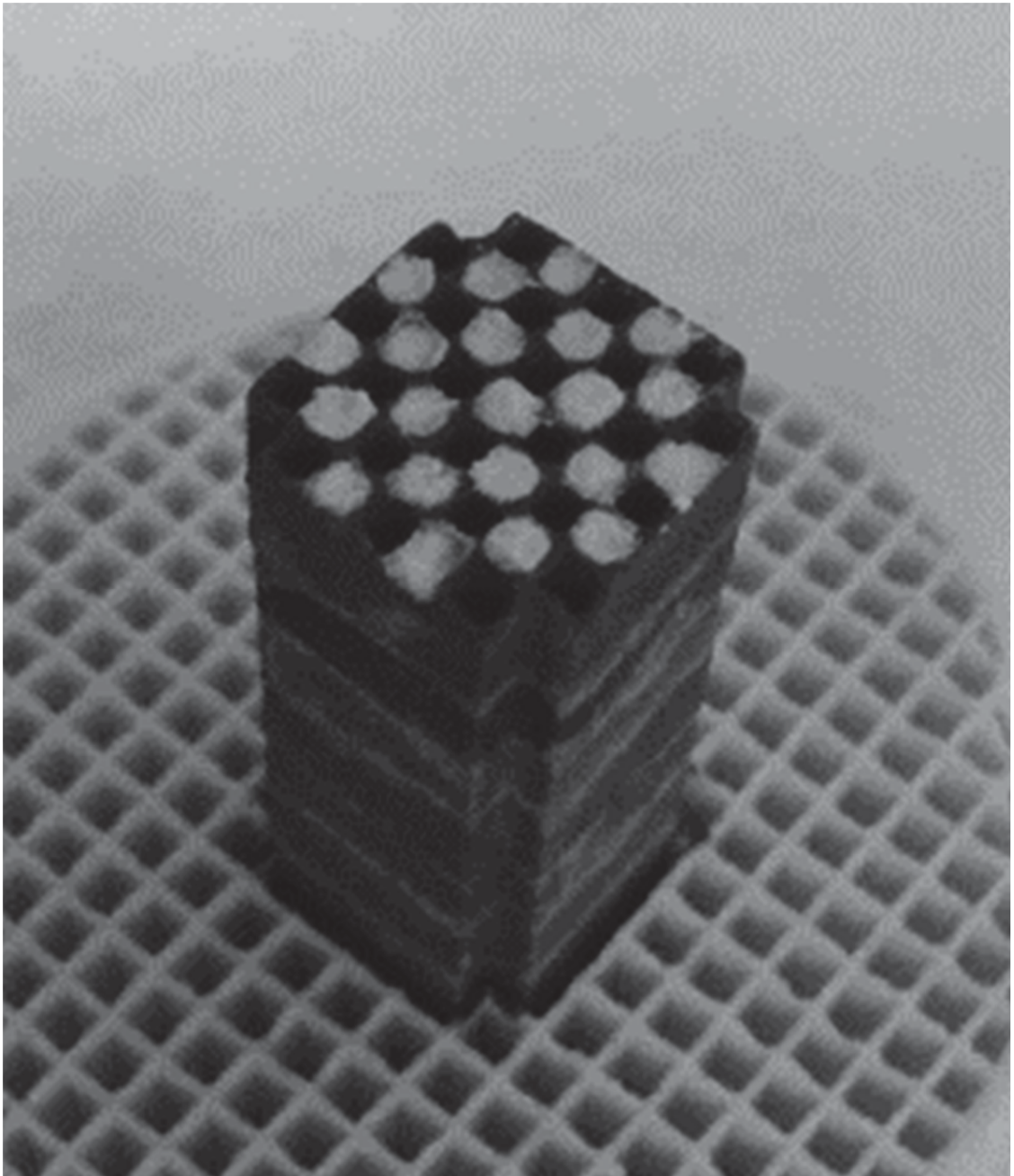


Fig. 3

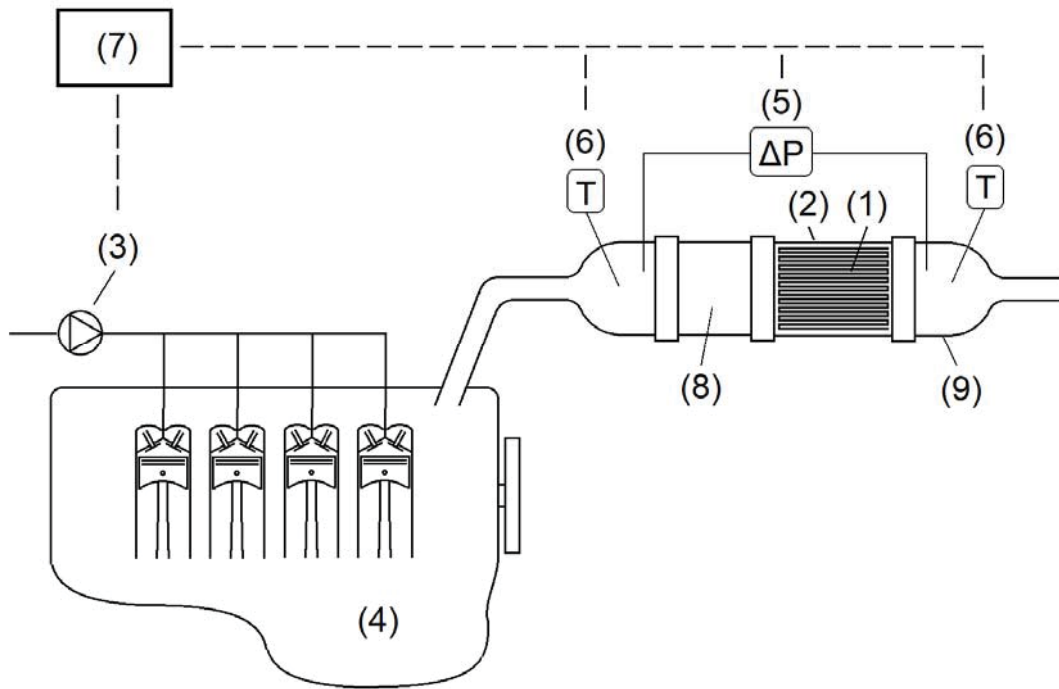


Fig. 4