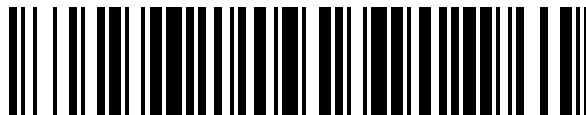


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 295 571**

21 Número de solicitud: 202231093

51 Int. Cl.:

B23H 1/00 (2006.01) **F28F 1/00** (2006.01)
F25D 17/00 (2006.01)
F28F 1/00 (2006.01)
F25D 17/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

28.06.2022

43 Fecha de publicación de la solicitud:

17.11.2022

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE NAVARRA (100.0%)
CAMPUS ARROSADÍA
31006 PAMPLONA (Navarra) ES

72 Inventor/es:

LUIS PÉREZ, Carmelo Javier;
PUERTAS ARBIZU, Ignacio y
TORRES SALCEDO, Alexia

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

54 Título: **Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor**

ES 1 295 571 U

DESCRIPCIÓN

Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor

Objeto de la invención

5

La presente invención tiene por objeto un dispositivo o elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor especialmente útil en aplicaciones de refrigeración que tienen lugar en un medio agresivo o corrosivo en donde otro tipo de materiales no cerámicos no son capaces de soportar las condiciones a las que se ven expuestos los elementos de refrigeración.

10

El dispositivo o elemento de refrigeración objeto de la presente invención, al estar constituido por un material electroconductor, puede ser conformado por electroerosión, permitiendo lograr geometrías que no podrían lograrse mediante otras técnicas de mecanizado de materiales cerámicos.

15

El dispositivo o elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor, objeto de la presente invención, tiene aplicación en sectores relacionados con la industria aeroespacial, la industria militar, la industria química, la industria eléctrica y electrónica y la industria nuclear. Asimismo, también es posible su aplicación en otros sectores industriales tales como los relacionados con los sectores metal-mecánico y de automoción.

20

Antecedentes de la invención y problema técnico a resolver

25

En los últimos años ha existido un interés creciente en el desarrollo de materiales para aplicaciones que requieran alta resistencia al desgaste, alta dureza, alta resistencia mecánica a elevadas temperaturas, así como buena estabilidad química y buen comportamiento frente a entornos agresivos, características, todas ellas, que son proporcionadas por los materiales cerámicos. Asimismo, el uso de estos materiales ha ido en aumento durante los últimos años

y, en muchos casos, han reemplazado a los materiales metálicos en aplicaciones donde son necesarias la combinación de baja densidad y temperaturas de fusión elevadas.

5 Los materiales cerámicos pueden clasificarse en materiales cerámicos no conductores, materiales cerámicos conductores naturales y materiales cerámicos conductores dopados. En el primer caso, se tienen materiales cerámicos como la alúmina (Al_2O_3), la zirconia (ZrO_2), el carburo de silicio (SiC) y el nitruro de silicio (Si_3N_4). En el segundo caso, destacan materiales cerámicos como el carburo de boro (B_4C), el diboruro de titanio (TiB_2) y el diboruro de zirconio (ZrB_2). El tercer y último caso es el más variado puesto que estaría compuesto por bases
10 cerámicas no conductoras del primer caso (Al_2O_3 , ZrO_2 y Si_3N_4 , entre otras) junto con fases cerámicas electroconductoras del segundo caso u otras como, por ejemplo, el nitruro de titanio (TiN) o el carburo de titanio (TiC).

15 Debido a las excelentes propiedades mecánicas (incluso a alta temperatura) y de resistencia a la corrosión y al desgaste que los materiales cerámicos presentan, éstos tienen un elevado número de aplicaciones en diversos sectores de interés industrial como pueden ser el sector aeronáutico y aeroespacial, el sector de automoción y el sector de la industria eléctrica y electrónica, entre otros.

20 En general, a lo largo de los últimos años, los materiales cerámicos se han venido siempre utilizando en aplicaciones exigentes, pero de una forma relativamente reducida, debido a los problemas que conlleva el desarrollo de piezas con formas complejas mediante el empleo de métodos convencionales de mecanizado tales como fresado, torneado o taladrado, a partir de dichos materiales. Dicha problemática se encuentra fundamentalmente asociada con la baja
25 mecanizabilidad de estos materiales, así como con el desgaste elevado de las herramientas de corte empleadas, entre otros inconvenientes.

Por lo tanto, la electroerosión por penetración es un proceso de fabricación no convencional que presenta una serie de ventajas competitivas frente a otros procesos que pudieran
30 emplearse para fabricar dichos componentes cerámicos. Entre dichas ventajas, se pueden citar: su mecanizabilidad no depende de la dureza del material, la capacidad para mecanizar piezas con geometrías complejas, la no existencia de esfuerzos mecánicos sobre la pieza,

una velocidad de mecanizado relativamente elevada, el buen acabado superficial que se consigue en las piezas, así como la integridad superficial en las mismas, entre otras. Por el contrario, la desventaja más importante que presenta es que los materiales cerámicos deben tener una conductividad eléctrica suficiente, donde se ha estimado que la resistividad eléctrica de éstos no debe superar el intervalo de 100 Ωcm a 300 Ωcm (Clijsters, S.; Liu, K.; Reynaerts, D.; Lauwers, B., Journal of Materials Processing Technology, Vol. 210, 2010, pp. 631-641).

Los documentos EP 0176074 A2 y US 2019/0151972 A1 divulgan la posibilidad de mecanizar materiales cerámicos mediante electroerosión. También los documentos US 6627838 B2 y US 2008/0257867 A1 describen métodos y equipos de mecanizado por electroerosión.

Sin embargo, en el estado de la técnica no se han encontrado dispositivos o elementos para aplicaciones específicas de refrigeración y que presenten la característica de estar fabricados a partir de materiales cerámicos conductores, principalmente carburo de boro prensado en caliente (B_4C), carburo de silicio infiltrado con silicio (SiSiC) y diboruro de titanio (TiB_2), que permiten ser mecanizados por un procedimiento de electroerosión por penetración.

Descripción de la invención

Con objeto de solucionar los inconvenientes anteriormente mencionados, la presente invención se refiere a un dispositivo o elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor.

Cabe destacar que la presente invención está específicamente orientada al desarrollo de componentes para aplicaciones de refrigeración, que presenten orificios pasantes y/o ranuras pasantes, mediante el empleo de materiales cerámicos conductores y procesos de electroerosión. Entre los anteriores componentes, se pueden citar elementos refrigeradores cerámicos de carburo de silicio infiltrado con silicio (SiSiC) o de carburo de boro (B_4C) con geometría tubular o prismática rectangular hueca y con canales pasantes, que se utilizan para la refrigeración de conductos en condiciones de temperatura de operación en continuo de hasta 1350 $^{\circ}\text{C}$ u 800 $^{\circ}\text{C}$, respectivamente. En el caso del carburo de boro, dichos elementos refrigeradores se podrían utilizar incluso en ambientes con radiación neutrónica como los que

se pueden dar en una central nuclear. Por lo tanto, en los dos anteriores ejemplos, se aprovechan, por un lado, las propiedades mecánicas inherentes a los dos citados materiales cerámicos: SiSiC y B₄C (tales como la dureza y la resistencia mecánica a alta temperatura, así como la resistencia al desgaste y a la corrosión en entornos especialmente agresivos) y, por otro lado, la versatilidad de los procesos de electroerosión para la fabricación de dichos componentes con geometrías complejas que, debido a las propiedades mecánicas de los mismos, no sería factible su desarrollo mediante procesos convencionales de fabricación. Los citados componentes no se podrían mecanizar mediante técnicas tradicionales de torneado, de fresado y/o de taladrado, debido a que su elevado valor de dureza daría lugar a unos valores muy altos de desgaste de las herramientas de corte empleadas, pudiendo incluso llegar éstas a romperse. A ello, se sumaría también el pobre acabado superficial resultante y la baja precisión dimensional de dichos componentes así fabricados.

El objeto de la presente invención es un elemento de refrigeración de material cerámico conductor que presenta orificios pasantes y/o ranuras pasantes y que se fabrica mediante los dos siguientes pasos:

- Fabricación de electrodos de material conductor (por ejemplo: cobre, grafito, grafito infiltrado con cobre, cobre-wolframio, etc.). Dichos electrodos se fabricarán con una geometría inversa a la que se quiere obtener mediante el proceso de electroerosión, que podrá variarse dimensionalmente para tener en cuenta la distancia de separación (electrodo-pieza) durante el proceso, y;
- Electroerosión por penetración de un material cerámico conductor (por ejemplo: carburo de boro (B₄C), carburo de silicio infiltrado con silicio (SiSiC) y diboruro de titanio (TiB₂), entre otros materiales cerámicos conductores) para la obtención de componentes de refrigeración que presenten orificios pasantes y/o ranuras pasantes.

De esta forma, la presente invención hace referencia, como ya se ha indicado anteriormente, a un elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor.

El elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención comprende un cuerpo con al menos un orificio pasante y/o al menos una ranura pasante, configurados para el paso de un fluido de refrigeración.

- 5 El al menos un orificio y/o la al menos una ranura están fabricados mediante electroerosión por penetración sobre el cuerpo de material cerámico electroconductor.

10 Gracias a la provisión de un material cerámico electroconductor y a la fabricación por electroerosión por penetración, es posible fabricar un elemento de refrigeración como el descrito anteriormente, el cual permite su utilización en entornos donde el medio es altamente agresivo o corrosivo.

15 El cuerpo del elemento de refrigeración puede comprender una geometría cilíndrica hueca con sección recta en forma de corona circular, y donde el cuerpo comprende una pluralidad de orificios pasantes de sección transversal circular o poligonal distribuidos a lo largo de toda la sección recta del cuerpo.

20 Al hilo de lo comentado en el párrafo anterior, y según una primera forma de realización de la invención, los orificios tienen sección circular de igual diámetro entre sí, y están distribuidos en forma de circunferencia a lo largo de la sección recta del cuerpo con sus centros situados de manera equidistante sobre una misma circunferencia.

25 Asimismo, según una segunda forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración presenta una geometría cilíndrica hueca con sección recta en forma de corona circular, donde el elemento de refrigeración adicionalmente comprende:

- un primer conjunto de orificios pasantes con sección circular de igual diámetro entre sí y distribuidos en forma de circunferencia a lo largo de la sección recta del cuerpo con sus centros situados de manera equidistante sobre una misma circunferencia, y;
- 30

- un segundo conjunto de orificios, donde los orificios de este segundo conjunto están agrupados por pares, donde cada par de orificios de este segundo conjunto está distribuido de manera radial con respecto al centro del cuerpo del elemento de refrigeración, donde cada par de orificios de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios del primer conjunto, donde los orificios del segundo conjunto tienen sección circular de igual diámetro entre sí y donde el diámetro de los orificios del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios del primer conjunto.

Alternativamente a la primera forma de realización y a la segunda forma de realización, el cuerpo del elemento de refrigeración puede comprender una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona poligonal, y donde el cuerpo comprende una pluralidad de orificios pasantes distribuidos a lo largo de toda la sección recta del cuerpo. Los orificios pueden tener sección transversal circular o poligonal.

Al hilo de lo comentado en el párrafo anterior, y de acuerdo con una tercera forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona rectangular, donde el elemento de refrigeración comprende:

- un primer conjunto de orificios con sección circular de igual diámetro entre sí, distribuidos en forma de rectángulo a lo largo de la sección recta del cuerpo y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo, y;
- un segundo conjunto de orificios con sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios del primer conjunto, donde los orificios de este segundo conjunto están distribuidos en forma de rectángulo a lo largo de la sección recta del cuerpo y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo y donde cada

orificio de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios del primer conjunto.

Según una cuarta forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona cuadrada, y donde el cuerpo comprende una pluralidad de orificios pasantes, donde los orificios tienen sección recta cuadrada de iguales dimensiones entre sí, y donde los orificios están distribuidos en forma de cuadrado a lo largo de la sección recta del cuerpo y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo.

Según una quinta forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración comprende una geometría prismática hexagonal con un hueco cilíndrico pasante concéntrico a la superficie hexagonal exterior. El cuerpo comprende una pluralidad de ranuras pasantes, estando cada ranura situada de manera longitudinal paralelamente a cada lado de la geometría hexagonal exterior del cuerpo.

Por otro lado, según una sexta forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona rectangular, y donde el cuerpo comprende una pluralidad de orificios y ranuras pasantes distribuidos a lo largo de toda la sección recta del cuerpo, donde el elemento de refrigeración comprende:

- un primer conjunto de orificios (por ejemplo, formado por cinco orificios), donde los orificios comprenden una sección circular de igual diámetro entre sí, distribuidos en forma lineal a lo largo de un primer lado de la sección recta del cuerpo y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de dicho primer lado de la sección recta del cuerpo;
- un segundo conjunto de orificios (por ejemplo, formado por cinco orificios), donde los orificios de este segundo conjunto comprenden una sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios del primer conjunto, donde los

orificios de este segundo conjunto están distribuidos en forma lineal a lo largo de un segundo lado de la sección recta del cuerpo, donde el segundo lado es paralelo al primer lado, y donde los orificios de este segundo conjunto están dispuestos con sus centros situados de manera equidistante a lo largo del segundo lado de la sección recta del cuerpo;

5

- un primer conjunto de ranuras (por ejemplo, formado por dos ranuras), donde las ranuras de este conjunto comprenden una sección recta rectangular de iguales dimensiones entre sí, donde las ranuras están distribuidas con su sección recta recorriendo longitudinalmente un tercer lado de la sección recta del cuerpo, donde las ranuras son paralelas entre sí y paralelas a dicho tercer lado de la sección recta del cuerpo, y;

10

- al menos una ranura con sección recta rectangular recorriendo longitudinalmente un cuarto lado de la sección recta del cuerpo paralelamente a dicho cuarto lado de la sección recta del cuerpo, donde el cuarto lado es paralelo al tercer lado, donde las dimensiones de esta ranura situada en correspondencia con el cuarto lado son inferiores a las dimensiones de las ranuras del primer conjunto.

15

20

Según una séptima forma de realización de la invención, el cuerpo del elemento de refrigeración comprende una geometría prismática abierta con sección recta en forma de doble “T”, donde una primera ala de la “T” está unida a una segunda ala de la “T” mediante un tramo central (o alma) de tal forma que el punto de conexión del tramo central con la primera ala y la segunda ala define una división de la primera ala y de la segunda ala en dos mitades, donde el elemento de refrigeración comprende:

25

- al menos un orificio y/o una ranura pasante dispuesta en correspondencia con el tramo central de la sección recta del cuerpo;

30

- un primer conjunto de orificios pasantes, distribuidos en forma lineal a lo largo de cada mitad de la primera ala y de la segunda ala, y;

- un segundo conjunto de orificios pasantes, donde cada orificio de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios del primer conjunto.

5 En esta séptima forma de realización, los orificios del primer conjunto pueden comprender una sección circular de igual diámetro entre sí y los orificios del segundo conjunto pueden comprender una sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios del segundo conjunto es diferente al diámetro de los orificios del primer conjunto.

10 Adicionalmente, según esta séptima forma de realización de la invención, el tramo central (o alma) de la sección recta del cuerpo puede comprender una ranura pasante de sección recta rectangular donde la sección recta rectangular de la ranura recorre longitudinalmente el tramo central de la sección recta del cuerpo paralelamente al contorno de dicho tramo central de la sección recta del cuerpo.

15

Según un aspecto de la invención, el material cerámico es carburo de boro prensado en caliente (B_4C), cuyo rango de temperaturas de operación está comprendido entre 200 °C y 800 °C.

20 Según otro aspecto de la invención, el material cerámico es carburo de silicio infiltrado con silicio ($SiSiC$), cuyo rango de temperaturas de operación está comprendido entre 200 °C y 1350 °C.

Según otro aspecto de la invención, el material cerámico es diboruro de titanio (TiB_2), cuyo
25 rango de temperaturas de operación está comprendido entre 200 °C y 2000 °C.

El material cerámico puede ser tal que presente una resistividad eléctrica inferior a 300 Ωcm .

Breve descripción de las figuras

Como parte de la explicación de al menos una forma de realización de la invención se han incluido las siguientes figuras.

5

Figura 1: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una primera forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

10 Figura 2: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una segunda forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

15 Figura 3: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una tercera forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

20 Figura 4: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una cuarta forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

Figura 5: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una quinta forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

25

Figura 6: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una sexta forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

Figura 7: Muestra una vista esquemática en perspectiva de una séptima forma de realización del elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor objeto de la presente invención.

5 Descripción detallada

La presente invención se refiere, tal y como se ha mencionado anteriormente, a un dispositivo o elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor.

10 El elemento de refrigeración comprende un cuerpo (1) de material cerámico electroconductor.

El cuerpo (1) de material cerámico electroconductor puede estar formado por un material tal como, por ejemplo, carburo de silicio infiltrado con silicio, carburo de boro ó diboruro de titanio.

15 El cuerpo (1) del elemento de refrigeración comprende una pluralidad de orificios (2) pasantes y/o ranuras (3) pasantes, mecanizadas en el cuerpo (1) del elemento de refrigeración mediante un proceso de electroerosión (preferentemente, un proceso de electroerosión por penetración).

20 Al estar fabricado el elemento de refrigeración a partir de un material cerámico conductor, es posible aprovechar las ventajas que estos materiales presentan relativas a: dureza, resistencia a la abrasión, comportamiento frente a ácidos y bases y resistencia mecánica a elevadas temperaturas, entre otras.

25 Según distintas formas de realización posibles, el elemento de refrigeración puede tener distintas configuraciones:

- puede comprender un cuerpo (1) con geometría cilíndrica hueca y orificios (2) de sección transversal circular variable;

- puede comprender un cuerpo (1) con geometría prismática hueca y orificios (2) con la misma sección transversal cuadrada;
- 5 - puede comprender un cuerpo (1) con cualquier otra geometría que presente orificios (2) pasantes y/o ranuras (3) pasantes, con objeto de ser empleado para aplicaciones de refrigeración.

10 El proceso de mecanizado mediante electroerosión permite la obtención de dichos componentes cerámicos con una gran precisión y un buen acabado superficial que, por el contrario, con procesos convencionales de mecanizado, no sería posible obtener o resultaría muy costoso.

15 Como ya se ha mencionado, los materiales cerámicos tienen unas excelentes propiedades mecánicas, sobre todo de dureza y de resistencia mecánica a compresión, que se mantienen a una elevada temperatura, así como una buena resistencia a la corrosión. Cabe destacar que uno de los aspectos más interesantes de dichos materiales cerámicos conductores es su temperatura máxima de utilización en continuo que, en el caso del carburo de boro, es de 600 °C a 800 °C, en el caso del diboruro de titanio, varía de 1000 °C a 2000 °C y, en el caso del

20 carburo de silicio, alcanza 1350 °C. Asimismo, el carburo de boro y el diboruro de titanio presentan una conductividad térmica que, en general, es del orden de la de los aceros pero que, en el caso del carburo de silicio, es claramente superior a la de éstos.

25 De forma más específica y a modo de ejemplo, se pueden citar los siguientes ejemplos del elemento de refrigeración objeto de la presente invención:

- elementos refrigeradores cerámicos de carburo de silicio infiltrado con silicio con un cuerpo (1) con geometría prismática hueca de sección transversal rectangular y con orificios (2) pasantes de sección transversal cuadrada, y;

- elementos refrigeradores cerámicos de carburo de boro con un cuerpo (1) con geometría tubular y con orificios (2) pasantes de sección transversal circular para la refrigeración de conductos en condiciones de temperatura extrema.

5 El objeto de la presente invención se alcanza mediante un procedimiento de fabricación de materiales cerámicos conductores que comprende los dos siguientes pasos:

- Fabricación de electrodos de material conductor (por ejemplo: cobre, grafito, grafito infiltrado con cobre, cobre-wolframio, etc.). Dichos electrodos se fabrican con una geometría inversa a la que se quiere obtener mediante el proceso de electroerosión, que puede variarse dimensionalmente para tener en cuenta la distancia de separación (electrodo-pieza) durante el proceso, y;

- Electroerosión por penetración de un material cerámico conductor (por ejemplo: carburo de boro (B_4C), carburo de silicio infiltrado con silicio ($SiSiC$) y diboruro de titanio (TiB_2), entre otros materiales cerámicos conductores) para la obtención de componentes de refrigeración que presenten orificios (2) pasantes y/o ranuras (3) pasantes.

20 Así pues, con la presente invención, es posible obtener componentes cerámicos para su empleo en sistemas y/o procesos que precisen elementos de refrigeración. Dichos componentes pueden tener diferentes geometrías al ser electroerosionados con los electrodos anteriormente mencionados. Estas geometrías pueden presentar, todas ellas, orificios (2) pasantes y/o ranuras (3) pasantes. Con ello, es posible su empleo en equipos y/o procesos que requieran condiciones de funcionamiento agresivas que harían no viable el empleo de componentes convencionales. Entre dichas condiciones de funcionamiento especialmente agresivas, cabe destacar las que tengan lugar a alta temperatura (de 600 °C a 2000 °C), así como las que se produzcan en presencia de fenómenos de oxidación-corrosión. Para ello, es necesario el empleo de materiales como los materiales cerámicos citados anteriormente, dada la estabilidad química y las buenas propiedades mecánicas que presentan, incluso a alta temperatura. Por otro lado, es interesante su aplicación en los anteriores entornos agresivos

donde además se requieran buenos valores de conductividad térmica, hasta 200 W/(mK), en el caso del SiSiC.

En una realización preferente de la invención, los componentes desarrollados comprenden los siguientes materiales, por ejemplo: carburo de boro, diboruro de titanio, diboruro de circonio, carburo de silicio infiltrado con silicio, así como cualquier otro tipo de material cerámico conductor. Respecto a los electrodos, pueden emplearse materiales conductores, tales como: cobre, grafito, grafito infiltrado con cobre y cobre-wolframio, entre otros. A partir de ello, se pueden desarrollar componentes que presenten orificios (2) pasantes y/o ranuras (3) pasantes, equiespaciadas o no, con objeto de eliminar el calor generado y servir así para aplicaciones de refrigeración.

La fabricación de los citados componentes mediante electroerosión por penetración se realiza en un medio dieléctrico, preferentemente de base aceite al cual se le pueden adicionar elementos tales como grafito, grafeno, alúmina y otros tipos de materiales para facilitar el proceso de electroerosión. De manera preferente, en el proceso de electroerosión se emplea un medio dieléctrico de base aceite mineral especial para electroerosión sin emplear aditivos con objeto de electroerosionar los materiales cerámicos conductores.

En la fabricación de sistemas de refrigeración a partir de preformas cilíndricas o con cualquier otro tipo de geometría de revolución se puede aplicar una rotación a la pieza, de manera que se vaya electroerosionando de forma progresiva la superficie del material cerámico conductor hasta generar los orificios (2) pasantes y/o las ranuras (3) pasantes.

Según una primera forma de realización, mostrada en la Figura 1, el elemento refrigerador está fabricado en un material cerámico conductor de carburo de boro con un cuerpo (1) de geometría tubular (cilíndrica exterior y con geometría cilíndrica interior hueca) y donde en la parte sólida del cuerpo (1) existen unos orificios (2) pasantes de sección transversal circular, mecanizados por electroerosión, distribuidos de manera equidistante unos de otros, en la sección transversal del elemento refrigerador con forma de corona circular.

En el caso concreto de esta primera forma de realización del elemento refrigerador hueco, el diámetro exterior del cuerpo (1) tubular tiene un valor de 120 mm, el diámetro interior de 100 mm y su altura es de 200 mm. Además, presenta 32 orificios (2) o canales pasantes de refrigeración, con sección transversal circular de diámetro 5 mm, y distribuidos uniformemente, cada 11,25°, a largo de toda su sección transversal con forma de corona circular. Dicho elemento refrigerador estaría en contacto con la pieza de geometría cilíndrica que se desea refrigerar de forma continua (en este caso, por ejemplo, un tubo con diámetro exterior de 100 mm) y, dado que está fabricada de carburo de boro, sería apto para trabajar en condiciones exigentes de temperatura de operación en continuo de hasta 800 °C, así como en entornos agresivos de radiación neutrónica, donde dicho elemento refrigerador podría funcionar también como absorbedor de neutrones.

Según una segunda forma de realización, mostrada en la Figura 2, el elemento refrigerador está fabricado en un material cerámico conductor de carburo de boro con un cuerpo (1) de geometría tubular (cilíndrica exterior y con geometría cilíndrica interior hueca) y donde en la parte sólida del cuerpo (1) existen unos orificios (2) pasantes de sección transversal circular variable, mecanizados también por electroerosión, distribuidos de manera radialmente equidistante unos de otros, en la sección transversal del elemento refrigerador con forma de corona circular. Estos orificios (2) se van alternando de forma que se tiene un orificio (2) con sección transversal circular mayor, seguido de dos orificios (2) con sección transversal circular menor pero dispuestos en la misma posición radial.

En el caso concreto de esta segunda forma de realización del elemento refrigerador hueco, el diámetro exterior del cuerpo (1) tiene un valor de 150 mm, el diámetro interior de 110 mm y su altura es de 180 mm. Además, presenta un total de 60 orificios (2) pasantes de refrigeración, 20 de ellos con sección transversal circular de diámetro 10 mm y los 40 restantes con sección transversal circular de diámetro 4 mm. Todos ellos se encuentran distribuidos uniformemente, cada 9°, a largo de toda la sección transversal con forma de corona circular, de manera que los orificios (2) de mayor diámetro (10 mm) están en una única hilera, mientras que los orificios (2) de menor diámetro (4 mm) se localizan en dos hileras separadas una distancia radial de 10 mm. Dicho elemento refrigerador funciona como un tubo de 20 mm de espesor y 180 mm de longitud, de manera que el fluido a refrigerar circularía por el interior de su cuerpo (1) cilíndrico hueco. Como en el caso anterior, dado que está fabricado de carburo de boro, sería apto para trabajar en condiciones exigentes de temperatura de operación en

continuo de hasta 800 °C, así como en entornos agresivos de radiación neutrónica, donde dicho elemento refrigerador podría funcionar también como absorbedor de neutrones.

Según una tercera forma de realización, mostrada en la Figura 3, el elemento refrigerador está
5 fabricado en un material cerámico conductor de carburo de silicio infiltrado con silicio con un cuerpo (1) de geometría prismática rectangular hueca y donde en la parte sólida del cuerpo (1) existen unos orificios (2) pasantes de sección transversal circular variable, mecanizados por electroerosión sobre el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor, distribuidos de manera equidistante unos de otros, a lo largo de la sección transversal del elemento
10 refrigerador. Estos orificios (2) se van alternando en una única hilera, de forma que se tiene un orificio (2) con sección transversal circular mayor, seguido de otro orificio (2) con sección transversal circular menor y así, sucesivamente.

En esta tercera forma de realización del elemento refrigerador hueco, el cuerpo (1) tiene unas
15 dimensiones exteriores de 150 mm x 95 mm y unas dimensiones interiores de 130 mm x 75 mm, siendo su altura de 200 mm. Éste presenta un total de 36 orificios (2) pasantes de refrigeración, 18 de ellos con sección transversal circular de diámetro 5 mm y los otros 18 restantes con sección transversal circular de diámetro 3 mm, estando todos ellos separados por una distancia entre centros de 12,5 mm, a largo de toda la sección transversal. Dicho
20 elemento refrigerador estaría en contacto con la pieza de geometría prismática rectangular hueca que se desea refrigerar de forma continua (en este caso, por ejemplo, un prisma con dimensiones exteriores de 130 mm x 75 mm) y, dado que está fabricado de carburo de silicio, sería apto para trabajar en condiciones exigentes de temperatura de operación en continuo de hasta 1350 °C, así como en entornos agresivos de naturaleza altamente corrosiva.

25

Según una cuarta forma de realización, mostrada en la Figura 4, el elemento refrigerador está fabricado en un material cerámico conductor de carburo de silicio infiltrado con silicio con un cuerpo (1) de geometría prismática hueca con sección transversal cuadrada y donde en la parte sólida del cuerpo (1) existen unos orificios (2) pasantes de sección transversal también
30 cuadrada, mecanizados por electroerosión sobre el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor, de iguales dimensiones entre sí y dispuestos en una única hilera y distribuidos de manera no equidistante unos de otros, a lo largo de la sección transversal del elemento refrigerador. Estos orificios (2) se encuentran más espaciados en dos de los lados

opuestos del cuerpo (1) con geometría prismática, con respecto a los otros dos lados opuestos restantes.

5 En esta cuarta forma de realización del elemento refrigerador hueco, el cuerpo (1) tiene unas dimensiones exteriores de 100 mm x 100 mm y unas dimensiones interiores de 80 mm x 80 mm, siendo su altura de 150 mm. Dicho elemento refrigerador presenta un total de 28 orificios (2) pasantes de refrigeración, todos ellos con sección transversal cuadrada de 5 mm x 5 mm y separados por una distancia entre centros de 18 mm en dos de los lados opuestos y de 10 mm en los otros dos lados opuestos restantes. Dicho elemento refrigerador funciona como un
10 tubo de sección transversal cuadrada de 10 mm de espesor y de 150 mm de longitud, de manera que el fluido a refrigerar circularía por el interior de su cuerpo (1) prismático hueco. Como en el caso anterior, dado que está fabricado de carburo de silicio, sería apto para trabajar en condiciones exigentes de temperatura de operación en continuo de hasta 1350 °C, así como en entornos agresivos de naturaleza altamente corrosiva.

15

Según una quinta forma de realización, mostrada en la Figura 5, el elemento refrigerador está fabricado en un material cerámico conductor de diboruro de titanio con un cuerpo (1) de geometría prismática hueca con una sección transversal cuyo exterior es hexagonal y su interior es circular y donde en la parte sólida del cuerpo (1) existen unas ranuras (3) pasantes
20 de sección transversal rectangular, mecanizadas por electroerosión sobre el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor, dispuestas longitudinalmente, de forma individual, a lo largo de cada una de las caras del cuerpo (1) prismático hueco. Las ranuras (3) pasantes están dispuestas longitudinalmente, de forma individual, en cada una de las caras del prisma.

25 En esta quinta forma de realización del elemento refrigerador hueco, el cuerpo (1) presenta una sección transversal exterior hexagonal de 100 mm de lado y una sección transversal interior circular de 140 mm de diámetro. Además, tiene una altura de 200 mm y, en la parte sólida del mismo, 6 ranuras (3) pasantes de refrigeración con sección transversal rectangular de 80 mm de longitud y 3 mm de anchura, distribuidas longitudinalmente, de forma individual,
30 a lo largo de cada una de las caras del prisma. Dicho elemento refrigerador estaría en contacto con la pieza de geometría cilíndrica que se desea refrigerar de forma continua (en este caso, por ejemplo, un tubo con diámetro exterior de 140 mm) y, dado que está fabricado de diboruro

de titanio, sería apto para trabajar en condiciones exigentes de temperatura de operación en continuo de hasta 2000 °C, así como en entornos agresivos de naturaleza altamente corrosiva.

Según una sexta forma de realización, mostrada en la Figura 6, el elemento refrigerador está fabricado en un material cerámico de carburo de silicio infiltrado con silicio con un cuerpo (1) de geometría prismática rectangular hueca que presenta un espesor diferente en cada una de las caras opuestas y diferente tipología de canales (orificios (2) o ranuras (3)) pasantes de refrigeración, a través de las cuales ha de circular el fluido refrigerante.

- 5 En esta sexta forma de realización, el elemento de refrigeración comprende tanto orificios (2) pasantes como ranuras (3) pasantes, mecanizadas por electroerosión sobre el cuerpo (1) de material cerámico conductor. Dichos orificios (2) tienen sección transversal circular variable y las ranuras (3) tienen también sección transversal rectangular variable. Como puede observarse, el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor tiene una geometría prismática hueca con sección transversal rectangular y, en la parte sólida del mismo, existe una variedad de orificios (2) con diferente diámetro y de ranuras (3) pasantes con diferente longitud y anchura.

- En esta sexta forma de realización, el elemento de refrigeración comprende un cuerpo (1) de geometría prismática rectangular con sección hueca también rectangular y presenta unas dimensiones de su sección exterior de 100 mm x 70 mm y unas dimensiones de su sección interior de 70 mm x 50 mm. Asimismo, tiene una altura de 150 mm. Dos de las caras del cuerpo (1) prismático, que están enfrentadas (las de menor dimensión) presentan 10 orificios (2) pasantes con geometría circular (5 por cada cara) y valores del diámetro distintos en cada una de las caras (en este caso, de 7 mm y de 5 mm de diámetro, respectivamente, igualmente distribuidos a lo largo de sus dos lados correspondientes). Los restantes dos lados del cuerpo (1) prismático hueco tienen ranuras (3) pasantes longitudinales de sección transversal rectangular con dimensiones variables en cada uno de los lados. En este caso, uno de los lados presenta una ranura (3) pasante de 3 mm de anchura y de 60 mm de longitud mientras que el otro tiene dos ranuras (3) pasantes de 70 mm de longitud y de 2 mm de anchura, equiespaciadas a lo largo de su lado correspondiente. El fluido a refrigerar circularía por el interior del cuerpo (1) prismático hueco y, dadas las excelentes propiedades de resistencia a

la corrosión que el carburo de silicio presenta, éste podría ser de naturaleza altamente corrosiva y alcanzar una temperatura de manera continua de hasta 1350 °C.

5 Según una séptima forma de realización, mostrada en la Figura 7, el elemento refrigerador está fabricado en un materia cerámico de diboruro de titanio con un cuerpo (1) de geometría prismática abierta con una sección transversal en forma de doble “T” y que presenta orificios (2) pasantes de sección transversal circular variable y una ranura (3) pasante de sección transversal rectangular, mecanizados todos ellos por electroerosión sobre el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor, donde la ranura (3) está dispuesta longitudinalmente a lo
10 largo de la parte central del cuerpo (1) que une las dos alas exteriores del mismo.

En este caso, el elemento refrigerador presenta una sección transversal en forma de doble “T” con unas dimensiones de 26 mm x 18 mm en la parte central y de 90 mm x 12 mm en cada una de las dos alas exteriores. Además, tiene una altura de 80 mm y, en la parte sólida
15 del mismo, 12 orificios (2) pasantes con una sección transversal circular variable de 6 mm y de 8 mm de diámetro, donde la mitad de ellos se encuentran distribuidos en un ala exterior y la otra mitad en el ala exterior opuesta del cuerpo (1) y, además, donde la distancia de separación entre los centros de los orificios (2) es también variable. Asimismo, presenta una ranura (3) pasante con una sección transversal rectangular de 26 mm x 2,5 mm, dispuesta
20 longitudinalmente a lo largo de la parte central del cuerpo cerámico. Dada la configuración geométrica del presente elemento refrigerador, éste podría estar en contacto, al mismo tiempo, con dos piezas prismáticas que se deseen refrigerar de forma continua (en este caso, por ejemplo, dos prismas con dimensiones exteriores de 36 mm x 26 mm) y, dado que está fabricado de diboruro de titanio, éste sería apto para trabajar en condiciones exigentes de
25 temperatura de operación en continuo de hasta 2000 °C, así como en entornos agresivos de naturaleza altamente corrosiva.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor **caracterizado** por que comprende un cuerpo (1) con al menos un orificio (2) pasante y/o al menos una ranura (3) pasante, configurados para el paso de un fluido de refrigeración, donde el al menos un orificio (2) y/o la al menos una ranura (3) están fabricados mediante electroerosión por penetración sobre el cuerpo (1) de material cerámico electroconductor.
- 10 2. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría cilíndrica hueca con sección recta en forma de corona circular, y donde el cuerpo (1) comprende una pluralidad de orificios (2) pasantes de sección transversal circular o poligonal distribuidos a lo largo de toda la sección recta del cuerpo (1).
- 15 3. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 2, **caracterizado** por que los orificios (2) tienen sección circular de igual diámetro entre sí, y están distribuidos en forma de circunferencia a lo largo de la sección recta del cuerpo (1) con sus centros situados de manera equidistante sobre una misma circunferencia.
- 20 4. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 2, **caracterizado** por que comprende:
 - 25 ○ un primer conjunto de orificios (2) con sección circular de igual diámetro entre sí y distribuidos en forma de circunferencia a lo largo de la sección recta del cuerpo (1) con sus centros situados de manera equidistante sobre una misma circunferencia, y;
 - 30 ○ un segundo conjunto de orificios (2), donde los orificios (2) de este segundo conjunto están agrupados por pares, donde cada par de orificios (2) está

distribuido de manera radial con respecto al centro del cuerpo (1), donde cada par de orificios (2) de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios (2) del primer conjunto, donde los orificios (2) del segundo conjunto tienen sección circular de igual diámetro entre sí y donde el diámetro de los orificios (2) del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios (2) del primer conjunto.

5. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona poligonal, y donde el cuerpo (1) comprende una pluralidad de orificios (2) pasantes distribuidos a lo largo de toda la sección recta del cuerpo (1).

6. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 5, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona rectangular, donde el elemento de refrigeración comprende:

- un primer conjunto de orificios (2) con sección circular de igual diámetro entre sí, distribuidos en forma de rectángulo a lo largo de la sección recta del cuerpo (1) y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo (1), y;

- un segundo conjunto de orificios (2) con sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios (2) del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios (2) del primer conjunto, donde los orificios (2) de este segundo conjunto están distribuidos en forma de rectángulo a lo largo de la sección recta del cuerpo (1) y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo (1) y donde cada orificio (2) de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios (2) del primer conjunto.

- 5 7. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 5, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona cuadrada, donde los orificios (2) tienen sección recta cuadrada de iguales dimensiones entre sí, y donde los orificios (2) están distribuidos en forma de cuadrado a lo largo de la sección recta del cuerpo (1) y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de cada uno de los lados de la sección recta del cuerpo (1).
- 10 8. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría prismática hexagonal con un hueco cilíndrico pasante concéntrico a la superficie hexagonal exterior, y donde el cuerpo (1) comprende una pluralidad de ranuras (3) pasantes, estando cada ranura (3) situada de manera longitudinal paralelamente a cada lado de la geometría hexagonal exterior del cuerpo (1).
- 15 9. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría prismática hueca con sección recta en forma de corona rectangular, y donde el cuerpo (1) comprende una pluralidad de orificios (2) y ranuras (3) pasantes distribuidos a lo
- 20 largo de toda la sección recta del cuerpo (1), donde el elemento de refrigeración comprende:
- un primer conjunto de orificios (2), donde los orificios (2) comprenden una sección circular de igual diámetro entre sí, distribuidos en forma lineal a lo largo
 - 25 de un primer lado de la sección recta del cuerpo (1) y con sus centros situados de manera equidistante a lo largo de dicho primer lado de la sección recta del cuerpo (1);
 - un segundo conjunto de orificios (2), donde los orificios (2) comprenden una
 - 30 sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios (2) del segundo conjunto es inferior al diámetro de los orificios (2) del primer conjunto, donde los orificios (2) de este segundo conjunto están distribuidos en

forma lineal a lo largo de un segundo lado de la sección recta del cuerpo (1), donde el segundo lado es paralelo al primer lado, y donde los orificios (2) de este segundo conjunto están dispuestos con sus centros situados de manera equidistante a lo largo del segundo lado de la sección recta del cuerpo (1);

5

- un primer conjunto de ranuras (3), donde las ranuras (3) comprenden una sección recta rectangular de iguales dimensiones entre sí, donde las ranuras (3) están distribuidas con su sección recta recorriendo longitudinalmente un tercer lado de la sección recta del cuerpo (1), donde las ranuras (3) son paralelas entre sí y paralelas a dicho tercer lado de la sección recta del cuerpo (1), y;

10

- al menos una ranura (3) con sección recta rectangular recorriendo longitudinalmente un cuarto lado de la sección recta del cuerpo (1) paralelamente a dicho cuarto lado de la sección recta del cuerpo (1), donde el cuarto lado es paralelo al tercer lado, donde las dimensiones de esta ranura (3) situada en correspondencia con el cuarto lado son inferiores a las dimensiones de las ranuras (3) del primer conjunto.

15

20 10. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 9, **caracterizado** por que:

- el primer conjunto de orificios (2) comprende cinco orificios (2);

25

- el segundo conjunto de orificios (2) comprende cinco orificios (2), y;
- el primer conjunto de ranuras (3) comprende dos ranuras (3).

30 11. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el cuerpo (1) comprende una geometría

prismática abierta con sección recta en forma de doble "T", donde una primera ala de la "T" está unida a una segunda ala de la "T" mediante un tramo central de tal forma que el punto de conexión del tramo central con la primera ala y la segunda ala define una división de la primera ala y de la segunda ala en dos mitades, donde el elemento de refrigeración comprende:

5

- al menos un orificio (2) y/o una ranura (3) pasante dispuesta en correspondencia con el tramo central de la sección recta del cuerpo (1);

10

- un primer conjunto de orificios (2) pasantes, distribuidos en forma lineal a lo largo de cada mitad de la primera ala y de la segunda ala, y;
- un segundo conjunto de orificios (2) pasantes, donde cada orificio (2) de este segundo conjunto está situado entre cada dos orificios (2) del primer conjunto.

15

12. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 11, **caracterizado** por que los orificios (2) del primer conjunto comprenden una sección circular de igual diámetro entre sí y los orificios (2) del segundo conjunto comprenden una sección circular de igual diámetro entre sí, donde el diámetro de los orificios (2) del segundo conjunto es diferente al diámetro de los orificios (2) del primer conjunto.

20

13. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según cualquiera de las reivindicaciones 11 ó 12, **caracterizado** por que el tramo central de la sección recta del cuerpo (1) comprende una ranura (3) pasante de sección recta rectangular donde la sección recta rectangular de la ranura (3) recorre longitudinalmente el tramo central de la sección recta del cuerpo (1) paralelamente al contorno de dicho tramo central de la sección recta del cuerpo (1).

25

14. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** por que el material cerámico es carburo de boro prensado en caliente (B_4C).
- 5 15. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por que el material cerámico es carburo de silicio infiltrado con silicio ($SiSiC$).
- 10 16. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, **caracterizado** por que el material cerámico es diboruro de titanio (TiB_2).
- 15 17. Elemento de refrigeración de material cerámico electroconductor según la reivindicación 1, **caracterizado** por que el material cerámico es tal que presenta una resistividad eléctrica inferior a $300 \Omega cm$.

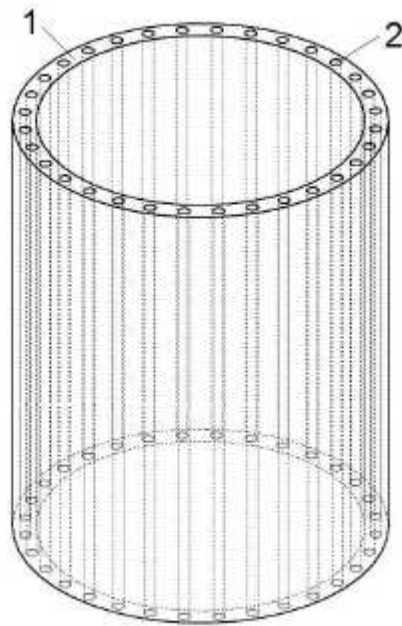


FIG. 1

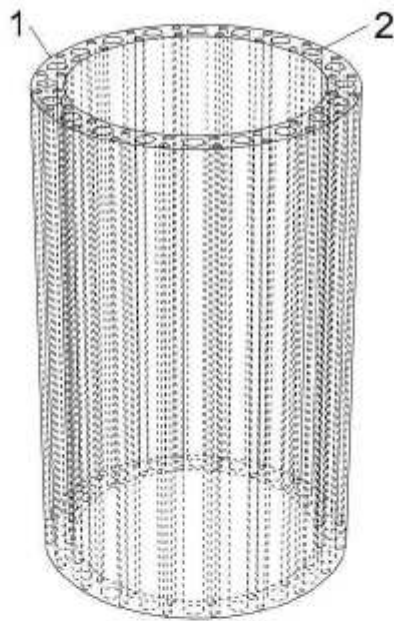


FIG. 2

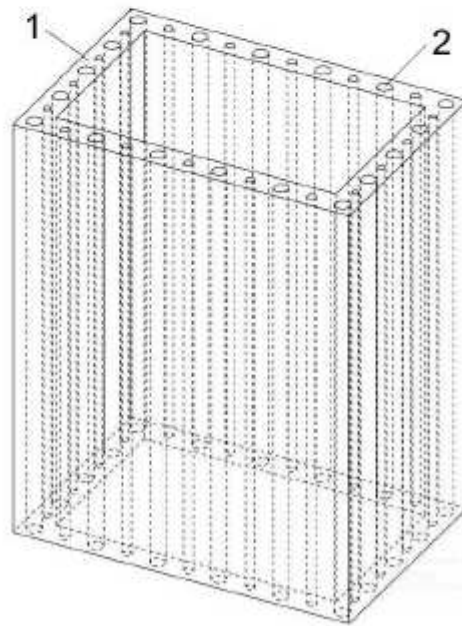


FIG. 3

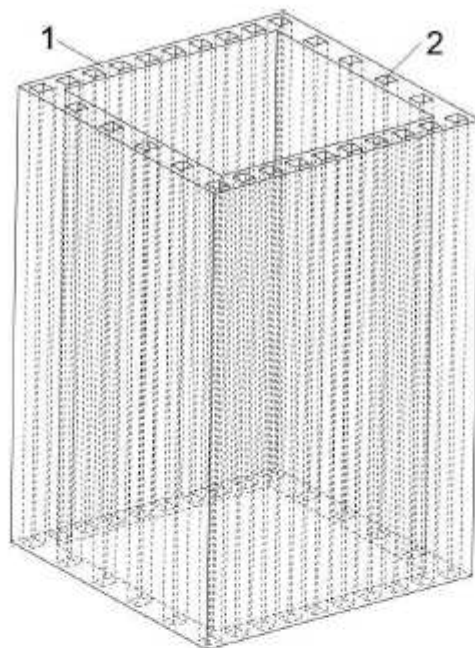


FIG. 4

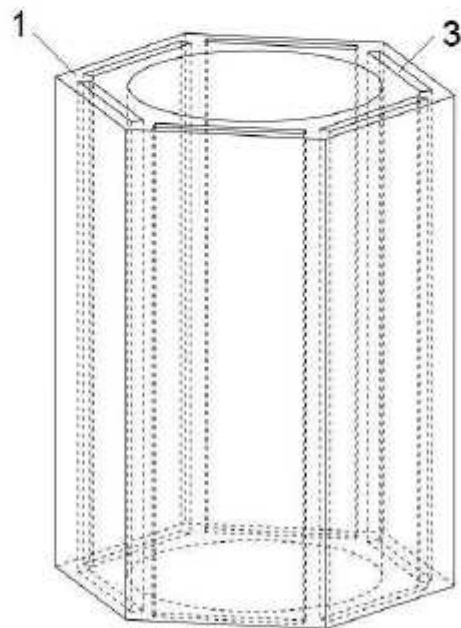


FIG. 5

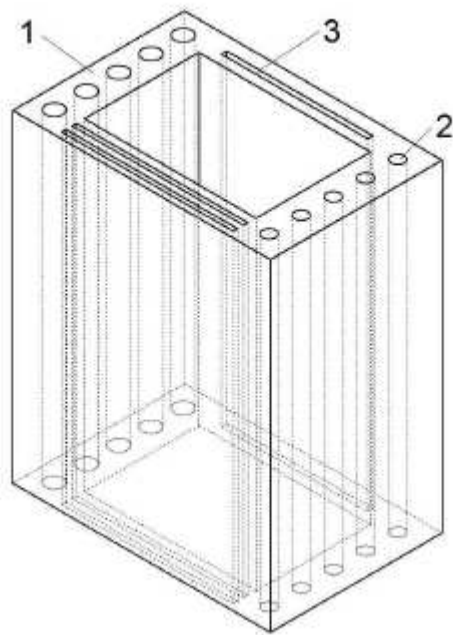


FIG. 6

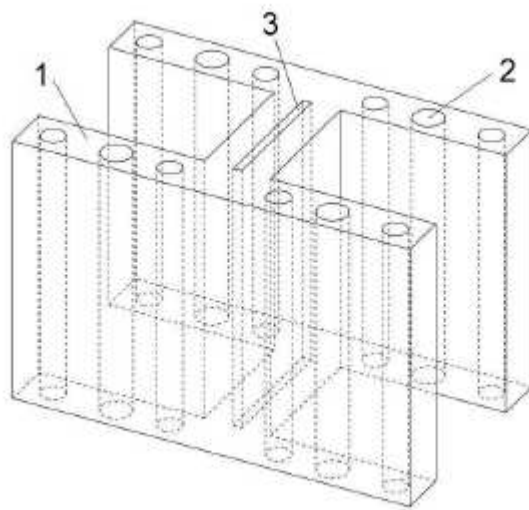


FIG. 7