

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 429**

21 Número de solicitud: 201530394

51 Int. Cl.:

B33Y 50/02 (2015.01)

B33Y 80/00 (2015.01)

G06T 17/10 (2006.01)

H01L 23/367 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

25.03.2015

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.09.2016

71 Solicitantes:

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
(100.0%)**

**Jordi Girona, 31
08034 Barcelona ES**

72 Inventor/es:

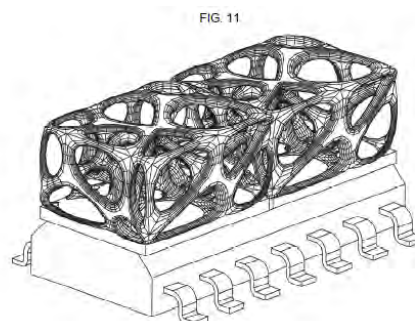
**GÓMEZ GONZÁLEZ, Sergio y
FERNÁNDEZ AGUADO, Enrique**

54 Título: **Método de fabricación de un disipador térmico poroso para dispositivos electrónicos**

57 Resumen:

Método de fabricación de un disipador térmico poroso para dispositivos electrónicos utilizando técnicas computacionales de diseño asistido por ordenador basadas en un método basado en diagramas de Voronoi. El disipador térmico poroso obtenido se caracteriza por poseer macroporosidad variable e interconectada. Dicha macroporosidad se establece a partir de la definición del espesor trabecular de sección no constante (Tb.Th), de la separación trabecular (Tb.Sp), del número de puntos de nucleación de Voronoi y del volumen de la zona a rellenar. Dicho disipador térmico poroso se fabrica a partir de técnicas aditivas por impresión tridimensional (3D) con materiales conductores.

Esta invención es aplicable en el campo dedicado a la fabricación de disipadores o intercambiadores de calor encargados de la evacuación de calor desde un elemento con elevada temperatura hacia un medio con menor temperatura con o sin circulación forzada de aire. Su elevada superficie específica y la posibilidad de conformarlo adaptándolo a un volumen predefinido permite optimizar la evacuación de calor en espacios reducidos.



ES 2 584 429 A1

**MÉTODO DE FABRICACIÓN DE UN DISIPADOR TÉRMICO POROSO PARA
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS**

DESCRIPCIÓN

5

Objeto de la invención.

El objeto de esta invención es un método de fabricación de un disipador térmico poroso que mejora la disipación de calor generada en los microprocesadores y/o dispositivos electrónicos en comparación con los disipadores actuales. Este disipador se diseña a partir de un método basado en los diagramas de Voronoi mediante técnicas computacionales de diseño asistido por ordenador (i.e. *Computer Assisted Design*; CAD) y se fabrica con técnicas aditivas de impresión en 3D, como por ejemplo el sinterizado selectivo por láser (SLS), u otros semejantes, y puede, por tanto, ajustarse a una forma exterior cualquiera. El nuevo disipador térmico poroso propuesto mejora la disipación de calor, no solo debido a su forma exterior seleccionada, ajustable según las necesidades espaciales del dispositivo electrónico a refrigerar, sino sobre todo debido a sus características de relleno del volumen interior contenido en dicha forma exterior. Dicho relleno posee porosidad diseñada interconectada y variable, es decir, no es homogénea en todo el espacio, y sobre todo una gran superficie específica para favorecer la disipación de calor.

La finalidad preferente del disipador térmico poroso es su aplicación como disipador de energía en dispositivos electrónicos.

25

Campo de aplicación de la invención.

Esta invención es aplicable en el campo dedicado a la fabricación de disipadores o intercambiadores de calor encargados de la evacuación de calor desde un elemento con elevada temperatura hacia otro con menor temperatura con o sin circulación forzada de aire. De forma más concreta, la invención se refiere al diseño asistido por ordenador (CAD) de un disipador macroporoso y a su fabricación con técnicas de prototipado rápido (técnicas aditivas de fabricación o de impresión en 3D como el sinterizado selectivo por láser, SLS, u otras, a partir de la obtención del fichero con extensión STL) en aplicaciones que requieren gran evacuación de calor en un reducido espacio con el objeto de mantener a los componentes electrónicos por

debajo de su temperatura de operación máxima. Su elevada superficie específica y la posibilidad de conformarlo adaptándolo a un volumen predefinido permite optimizar la evacuación de calor en espacios reducidos. De forma adicional, los disipadores térmicos porosos propuestos podrían reducir o incluso llegar a eliminar la presencia de dispositivos adicionales de refrigeración, como son ventiladores, con las ventajas adicionales de reducción de ruido, peso y coste económico.

Estado de la técnica.

Los nuevos dispositivos electrónicos requieren cada vez procesadores electrónicos más potentes y reducidos. El calor generado en los procesadores, que se debe principalmente al gran número de transistores por unidad de área, afecta de forma directa al propio procesador, a las uniones y soldaduras, reduciendo en consecuencia su vida útil. El disipador se encarga de evacuar el calor desde el elemento con alta temperatura hacia los elementos de menor temperatura y el medio a partir de cuatro mecanismos.

1. Conducción de calor desde el dispositivo electrónico a la superficie del disipador. Se requiere la mayor superficie de contacto posible entre ellos.
2. Conducción de calor por el disipador térmico de forma que éste se reparta de forma rápida sin la formación de puntos o zonas calientes.
3. Convección o intercambio de calor entre la superficie externa del intercambiador con el aire circundante.
4. Radiación o intercambio de calor entre el disipador y el medio en forma de energía radiante. Para maximizar la evacuación de calor mediante este mecanismo se requiere gran superficie de contacto con el medio y elevada emisividad. La emisividad se maximiza pintando o anodizando de color negro el disipador.

Los sistemas actuales más usados están formados por aletas o láminas con el objeto de aumentar el área superficial y transferir el calor hasta el aire a temperatura ambiente; ya sea por circulación forzada o convección natural para facilitar el enfriamiento del dispositivo electrónico.

Por su bajo coste y fácil fabricación, los disipadores de calor aleteados, en sus múltiples conformaciones, son los más empleados actualmente en el control térmico

en la industria electrónica. Sin embargo, estos disipadores no permiten una transferencia de calor óptima en todas las caras debido a la imposibilidad de que el flujo de convección llegue a todos los espacios; reduciendo, en consecuencia, los mecanismos de intercambio de calor por convección y radiación. Por otra parte, los disipadores aleteados necesitan de elementos adicionales de refrigeración, como son ventiladores, que incrementan el ruido, peso y coste de los equipos.

Los modelos de disipador propuestos en esta invención presentan una gran superficie y una porosidad variable e interconectada que facilita el paso de flujo tanto por el centro del disipador como por el resto de áreas en contacto mejorando la eficiencia de enfriamiento de los dispositivos electrónicos respecto de los disipadores actuales. En los nuevos disipadores propuestos la porosidad cercana al dispositivo electrónico es menor con el fin de disponer de mayor área de contacto para favorecer la conducción térmica y evitar los puntos o zonas calientes (mecanismos 1 y 2). A distancias mayores de la zona de contacto con el dispositivo electrónico, la porosidad del disipador aumenta para favorecer el intercambio de calor con el medio circundante por convección y radiación (mecanismos 3 y 4). La metodología propuesta en el diseño de disipadores también permite, tal como se ha comentado, definir la forma externa del disipador para adaptarlo en el dispositivo electrónico y mejorar su rendimiento.

Descripción de la invención.

La presente invención describe el modelo tridimensional de disipador térmico poroso y el método de diseño asistido por ordenador (CAD) para su obtención y posterior fabricación con técnicas de prototipado rápido como el sinterizado selectivo por láser (SLS) u otros, con metales conductores, para dispositivos electrónicos donde sea necesario disipar calor por conducción, convección y radiación. De forma más detallada, el método de la presente invención comprende las siguientes etapas:

1. Obtención de los puntos de nucleación de Voronoi.

Los puntos de nucleación o centros de las celdas poliédricas de Voronoi se definen de forma aleatoria y al azar. El número de puntos define el tamaño final de los poros del disipador térmico.

La nube de puntos definida rellena un volumen de interés (i.e. *Volume-Of-Interest*, VOI) previamente definido. De esta forma el disipador poroso se adapta a la forma del dispositivo electrónico donde va a realizar su función. Además, a partir de la definición de varios volúmenes de interés, se define una porosidad variable para que las zonas cercanas al dispositivo electrónico (zonas calientes) tengan menor porosidad y favorezcan el intercambio de calor por conducción y, las zonas más alejadas presenten menor porosidad y mejoren los mecanismos de convección y radiación.

2. Diseño tridimensional del disipador poroso

Para obtener el disipador térmico poroso de Voronoi se siguen las etapas descritas en las Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6. A partir de los puntos de nucleación, obtenidos de forma aleatoria (Fig. 1), se crean las celdas a partir de la representación de los planos que definen cada una de las caras del poliedro que define una región de Voronoi (Fig. 2). Dos puntos crean dos regiones separadas por el plano definido por la mediatriz. En tres puntos no alineados y localizados en un mismo plano las fronteras de las regiones se establecen a partir de tres rectas formadas por la mediatriz de la distancia entre los puntos, dos a dos. Para más puntos en el espacio y localizados en distintos planos la formación de las fronteras se produce a partir de la representación de los planos que forman las caras de los poliedros formadores de la celda de Voronoi a partir de la mediatriz entre punto y punto. La copia equidistante de cada una de las caras o planos que definen los poliedros a ambos lados o el escalado de los poliedros definen nuevas celdas poliédricas separadas entre sí por el grosor columnar o trabecular (*Tb.Th*; *Trabecular Thickness*), como puede verse en la Fig. 3. La separación entre las caras que definen las celdas equidistantes define el grosor de las columnas/trabéculas del disipador poroso. De esta manera es posible regular la estructura del poliedro 3D mediante la definición del número de puntos de nucleación por unidad de volumen o su equivalente separación trabecular (i.e. *Tb.Sp*; *Trabecular Separation*) y la separación entre las caras equidistantes que definen los poliedros (i.e. *Tb.Th*). En este sentido, la fracción de volumen ocupado (i.e. *OV/TV*; *Occupied Volume to Total Volume ratio*) o su equivalente porosidad (i.e. $P=(1-OV/TV)$), el espesor columnar/trabecular (*Tb.Th*) y la separación columnar/trabecular (*Tb.Sp*) pueden ser definidos para cualquier volumen de interés (VOI). Para definir distinta fracción de volumen y espesor columnar/trabecular es necesario definir distintos volúmenes de interés (VOI). La unión de las caras equidistantes y la formación de un volumen a partir de los poliedros (Fig. 4), así como la diferencia Booleana entre los poliedros creados y

el volumen total (TV) define la forma final del disipador tridimensional sin trabéculas redondeadas (ver Fig. 5). Operaciones posteriores de suavizado de malla permiten conformar las transiciones de radio en el mallado final de las trabéculas. De esta forma las trabéculas presentan una sección variable, siendo más anchas en la zona de unión
5 trabecular y en consecuencia mejorando su capacidad de conducción de calor.

La localización y el número de puntos de nucleación junto con el escalado de las celdas 3D de Voronoi definen el tamaño de la separación trabecular (Tb.Sp). El espesor trabecular (Tb.Th) puede definirse a partir de la suavización de la malla y el
10 escalado que define la diferencia booleana entre las celdas de Voronoi y el volumen total, tal y como se indica en las Figuras 3 y 4. De esta forma, el disipador térmico puede ser definido con diferente porcentaje de porosidad y facilitar la disipación de calor en las diversas regiones. La región más próxima al dispositivo electrónico (elemento caliente) presenta menor porosidad y, por lo tanto, mayor superficie de
15 contacto y capacidad de conducción térmica; mientras que las regiones más alejadas y con menor porosidad presentan mayor capacidad de evacuación del calor por convección y radiación.

Los disipadores térmicos con diferente geometría, como consecuencia de haber sido generados con distinto número de puntos de nucleación de celdas o en distintas
20 posiciones, pueden tener la misma porosidad y además, diferente proporción de área superficial a volumen total (TS/TV; *Total Surface to Total Volume ratio*). En su definición interviene también la separación y ancho trabecular (Tb.Sp y Tb.Th).

25 En la Figura 7 se presentan, a modo de ejemplo, varios disipadores porosos con forma final de cubo diseñados a partir del método descrito con diferente número de puntos de nucleación, grosor trabecular y separación trabecular.

El procedimiento de modelado tridimensional de disipadores térmicos descrito obtiene
30 cualquier tipo de geometría a partir de la modificación de sus parámetros posibilitando la obtención de cualquier porcentaje de porosidad.

3. Diseño tridimensional de disipadores térmicos con forma

35 Con el fin de evacuar calor en regiones determinadas delimitadas por el volumen existente, el diseño de disipadores permite que la definición del patrón poroso pueda

adaptarse a las características de la zona a enfriar. En el ejemplo de la Figura 8 se ha tomado un modelo volumétrico con distintas formas al que se le ha seccionado una parte que finalmente ha sido rellenada con el modelo poroso de Voronoi.

5 4. Diseño de disipadores térmicos con porosidad variable

La metodología de diseño CAD propuesta define una estructura tridimensional con porosidad variable en diferentes regiones volumétricas, estando sus trabéculas perfectamente conectadas entre las distintas regiones. En la Figura 9 se ilustra un ejemplo donde se presentan dos regiones con distinta porosidad. Puede observarse cómo las trabéculas, en las zonas en las que se produce el cambio de la porosidad, se encuentran perfectamente enlazadas garantizando la continuidad de las mismas. Para definir los modelos con porosidad variable es necesario crear diferentes volúmenes de interés con distinto número de puntos de nucleación y seguir el procedimiento descrito en el apartado anterior.

La metodología de diseño CAD permite obtener un modelo tridimensional de disipador térmico para su fabricación mediante técnicas de impresión 3D que se caracteriza por su gran superficie y por su porosidad variable e interconectada que facilita el paso de flujo por el centro del disipador y el resto de áreas en contacto mejorando la eficiencia en el enfriamiento respecto a los disipadores actualmente utilizados en el mercado. La metodología CAD descrita permite modificar la porosidad y la forma externa del disipador térmico para su mejor adaptación a los componentes a refrigerar.

25 5. Impresión de un disipador

El último paso del proceso de fabricación consiste en la impresión mediante técnicas aditivas de impresión en 3D, utilizando los diseños CAD generados a partir del método basado en los diagramas de Voronoi, de un disipador térmico macroporoso con porosidad variable en sus diferentes regiones y adaptado a un volumen previamente seleccionado que puede representar el negativo del elemento a refrigerar. Dicho disipador térmico macroporoso presentará una elevada relación de superficie/volumen (TS/TV) con el fin de mejorar el intercambio de calor por convección y radiación en las regiones de mayor porosidad y por conducción en las regiones más cercanas al emisor de calor o dispositivo electrónico donde la porosidad será menor.

Descripción de las figuras.

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de facilitar la comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva un juego de dibujos en los que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

- Las Figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 muestran, en respectivas vistas en perspectiva, los diferentes pasos del proceso de generación de los modelos 3D de disipadores térmicos porosos.

- La Figura 1 muestra los puntos de nucleación de las celdas en el volumen de interés obtenidos de forma aleatoria.

- La Figura 2 muestra las regiones de Voronoi creadas a partir de los puntos de nucleación. Cada una de las superficies forman un plano delimitado por los planos vecinos.

- En la Figura 3 se representan los planos equidistantes a los planos iniciales. La separación de esos planos define el ancho trabecular del disipador poroso ($T_b.Th$).

- En la Figura 4 se representa la unión o cosido de los planos equidistantes a los iniciales y que forman una región de Voronoi inferior a la inicial. La diferencia Booleana entre el volumen sólido cosido y el volumen total define la región trabecular.

- La Figura 5 representa la diferencia Booleana entre el volumen total de la estructura porosa y los volúmenes sólidos cosidos de cada una de las regiones.

- La Figura 6 representa el modelo final de disipador poroso con las trabéculas redondeadas y suavizadas en las zonas de unión con el resto de trabéculas. El redondeo final provoca que la sección no sea uniforme a lo largo de toda la trabécula.

- La Figura 7 muestra distintos disipadores macroporosos con semejante porosidad obtenidos con distinto número de puntos de nucleación.

- La Figura 8 muestra un modelo de disipador macroporoso adaptado a un sólido o volumen previamente seleccionado y que puede representar el negativo del elemento a refrigerar. La selección del volumen inicial permite distribuir los puntos de nucleación de Voronoi y crear la estructura macroporosa a partir de las regiones de Voronoi formadas.

- La Figura 9 representa un modelo de disipador térmico formado por dos regiones de interés con distinto número de puntos de nucleación que generan una macroporosidad interconectada y variable en toda su longitud.

- La Figura 10 es un detalle de la Figura 6.

- La Figura 11 representa un modelo de disipador poroso generado a partir de puntos de nucleación sobre un chip o circuito integrado. El disipador se ha dibujado con líneas o contornos interiores de mallado para facilitar su visión tridimensional.

Realización preferida de la invención.

Como se puede observar en la Figura 10, el disipador térmico macroporoso obtenido mediante la metodología descrita está formado por un conjunto de trabéculas (2) de sección variable enlazadas o conectadas con otras trabéculas de forma que las secciones de las uniones trabeculares (1) son más anchas, redondeadas y además presentan una transición suave de radios que permite disipar mejor el calor por conducción. De esta forma se consiguen disipadores con elevada relación de superficie/volumen (TS/TV), aspecto que permite mayor superficie de intercambio de calor por convección y radiación.

Los huecos interiores (3) que presenta la estructura macroporosa obtenida a partir de la metodología descrita están interconectados para facilitar la convección de aire. Tanto el espesor trabecular (2) como la separación trabecular (3) pueden ser regulados a partir de la definición del número de puntos de nucleación por unidad de volumen y la separación entre las caras equidistantes que definen los poliedros o regiones de Voronoi. En este sentido, la fracción de volumen ocupado (OV/TV), el espesor trabecular (Tb.Th) y la separación trabecular (Tb.Sp) pueden ser definidos

para una región de volumen de interés (i.e. *Region-Of-Interest*, ROI) con las medidas deseadas.

5 Para crear un disipador macroporoso con porosidad variable e interconectada en diferentes regiones del mismo, tal y como se ilustra en la Figura 9, la metodología descrita permite crear distintos puntos de nucleación en diferentes volúmenes o regiones de interés con distinta densidad, de forma que se generen regiones de Voronoi conectadas en las interfases de las regiones. De esta forma se generan
10 modelos CAD macroporosos con porosidad variable con una transición continua entre las regiones de distinta porosidad.

Como se ilustra en la Figura 8, la metodología descrita permite crear un disipador adaptado al elemento a refrigerar a partir de la definición de los puntos de nucleación formadores de las regiones de Voronoi dentro del volumen importado. De esta manera
15 es posible crear el disipador macroporoso con porosidad variable e interconectada en una región o volumen previamente definido con una forma geométrica cualquiera.

REIVINDICACIONES

1.- Método de fabricación de un disipador térmico macroporoso diseñado según un método basado en diagramas de Voronoi **caracterizado** porque:

- la formación de la estructura Voronoi generadora del disipador es obtenida a partir de una nube de puntos de nucleación aleatorios y variable en número según la porosidad a obtener y donde la arquitectura de sus trabéculas de sección no constante (2) y del poro (3) son definidas a partir de una operación booleana de diferencia o substracción entre el volumen total que lo contiene (TV) y el volumen definido a partir del escalado de las celdas poliédricas de Voronoi nucleadas a partir de cada uno de los puntos aleatorios introducidos y a cuyas celdas se les aplica una operación de redondeo en sus vértices y aristas para suavizar las transiciones de radio en el mallado final de las trabéculas, siendo más ancha en la zona de unión trabecular y en consecuencia mejorando su capacidad de conducción de calor,
- el disipador es fabricado a partir de técnicas aditivas de impresión 3D como el sinterizado selectivo láser (SLS) u otros semejantes a partir de la obtención del fichero STL (estereolitografía) que se corresponde con la estructura definida en el punto anterior y donde los materiales utilizados para la fabricación son tanto aleaciones metálicas de alto o bajo punto de fusión y/o combinaciones apropiadas de las mismas con materiales cerámicos de base carbono como materiales poliméricos termoplásticos y/o tintas fraguables conductoras que permitan en todos los casos disipar el calor de la mejor forma posible.

2.- Método de fabricación de un disipador térmico macroporoso diseñado según un método basado en diagramas de Voronoi basado en la reivindicación 1 **caracterizado** porque su porosidad interconectada varía en distintas regiones a partir de la definición de un número mayor o menor de puntos de nucleación en distintas regiones del disipador.

3.- Método de fabricación de un disipador térmico macroporoso diseñado según un método basado en diagramas de Voronoi basado en las reivindicaciones 1 y 2 **caracterizado** porque la estructura tridimensional del disipador posee la forma de un volumen geométrico adaptado a la forma negativa del elemento a enfriar

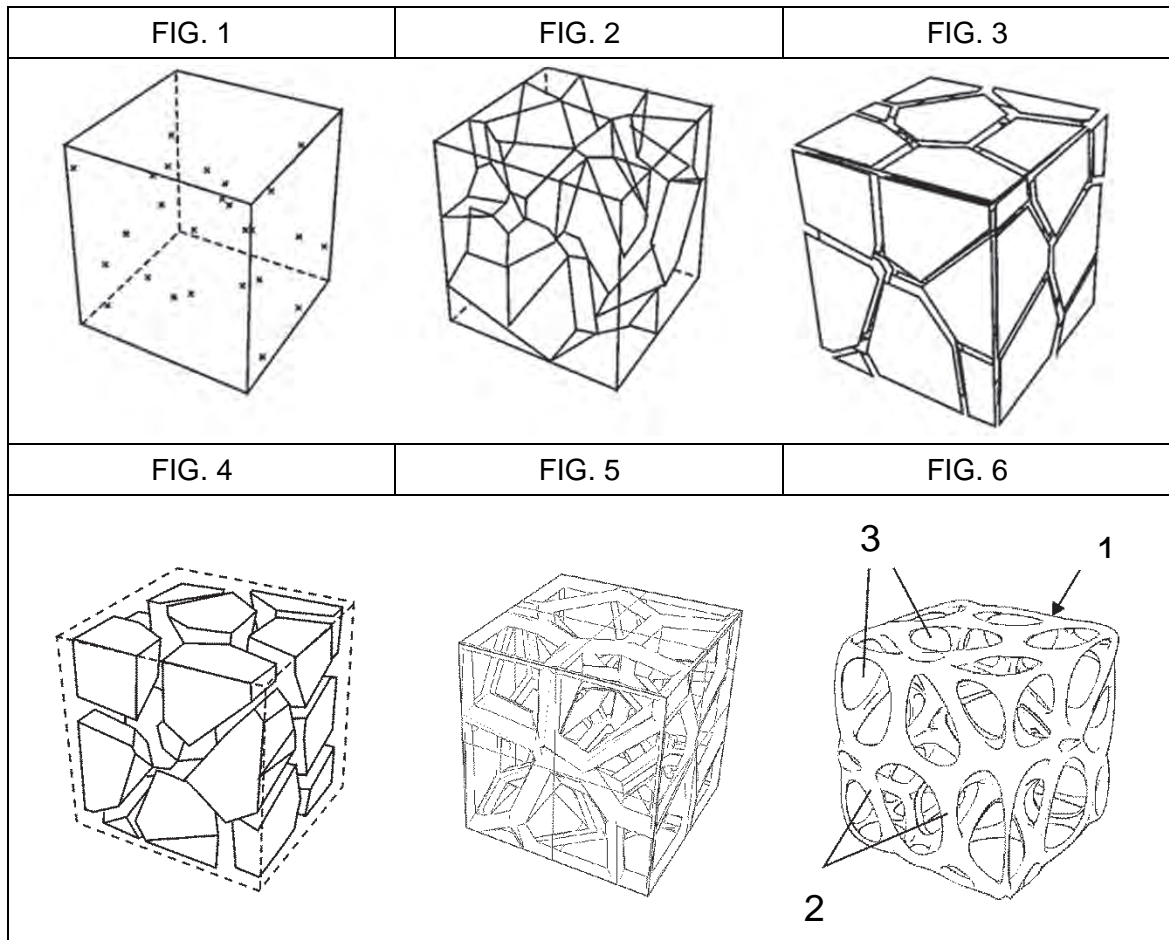
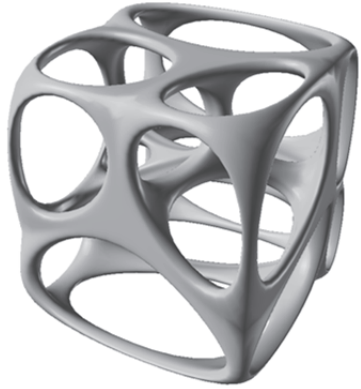
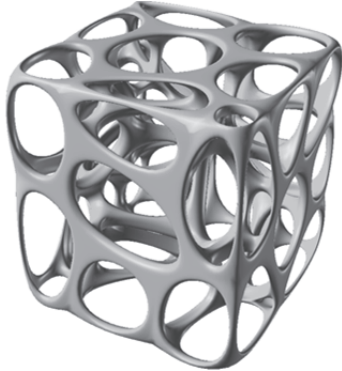
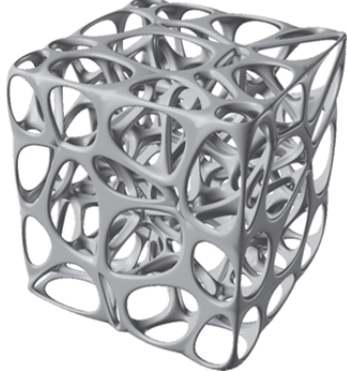


FIG. 7		
		
5 puntos de nucleación	25 puntos de nucleación	50 puntos de nucleación
OV/TV=0.117	OV/TV=0.110	OV/TV=0.107

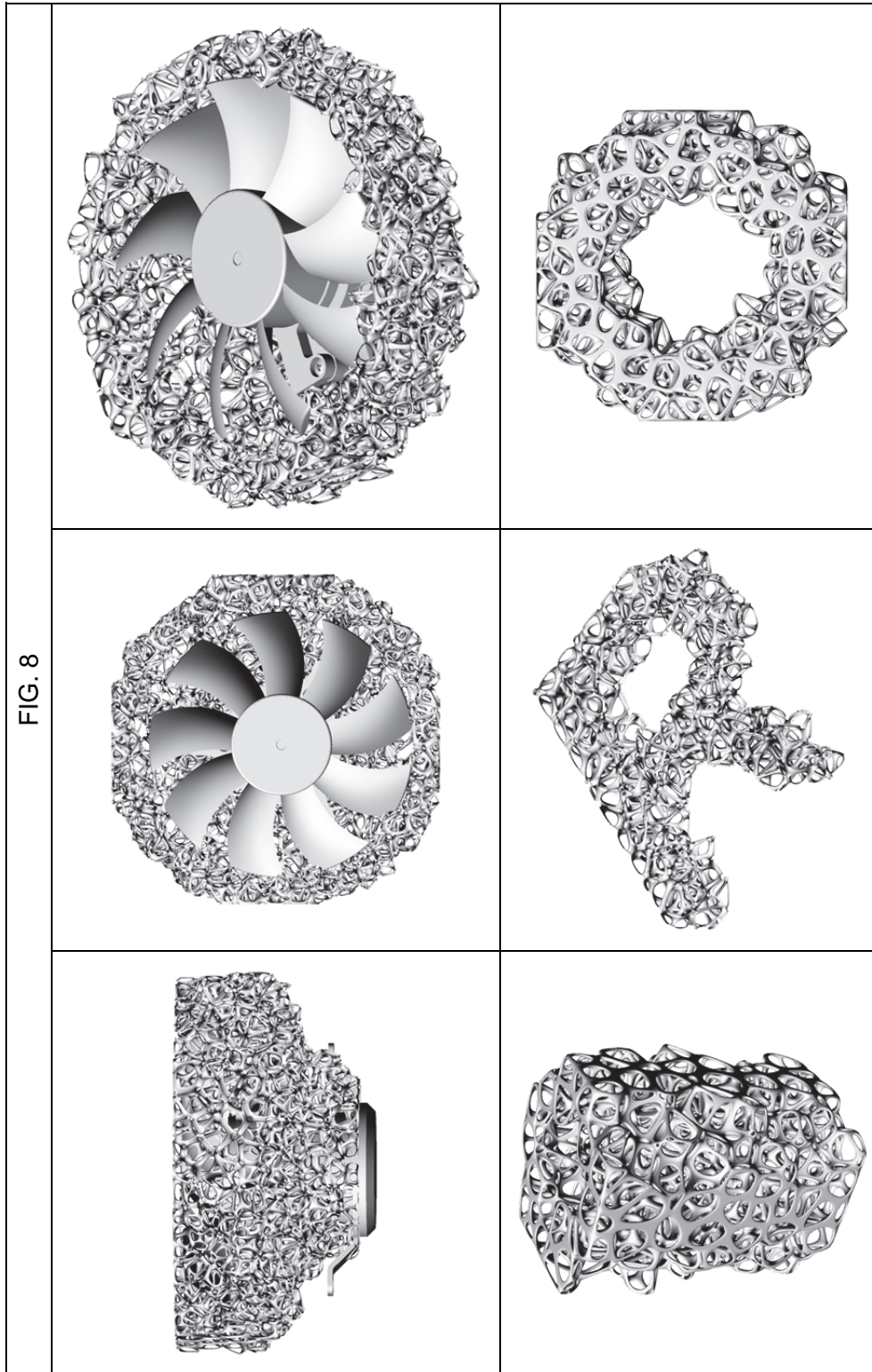


FIG. 9

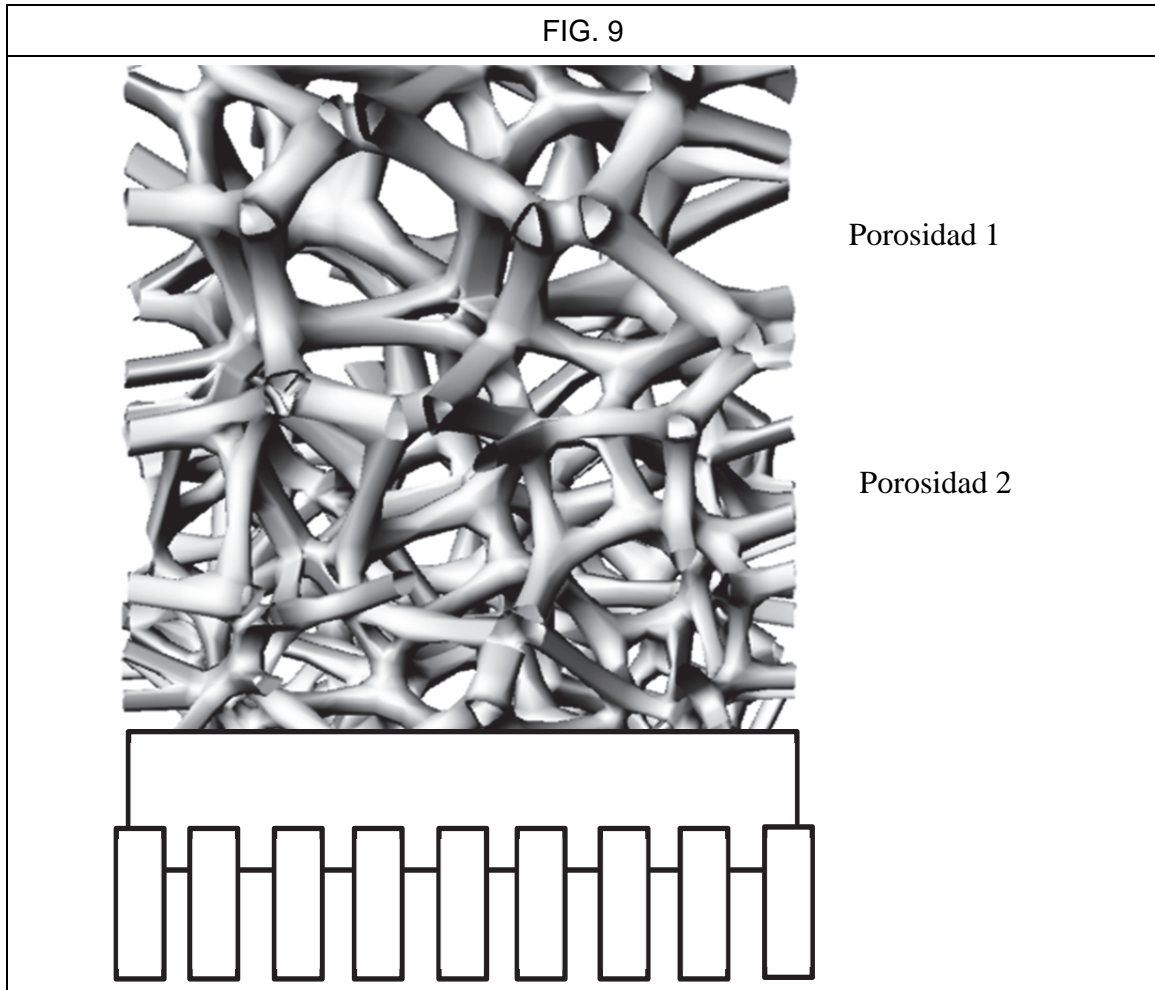


FIG. 10

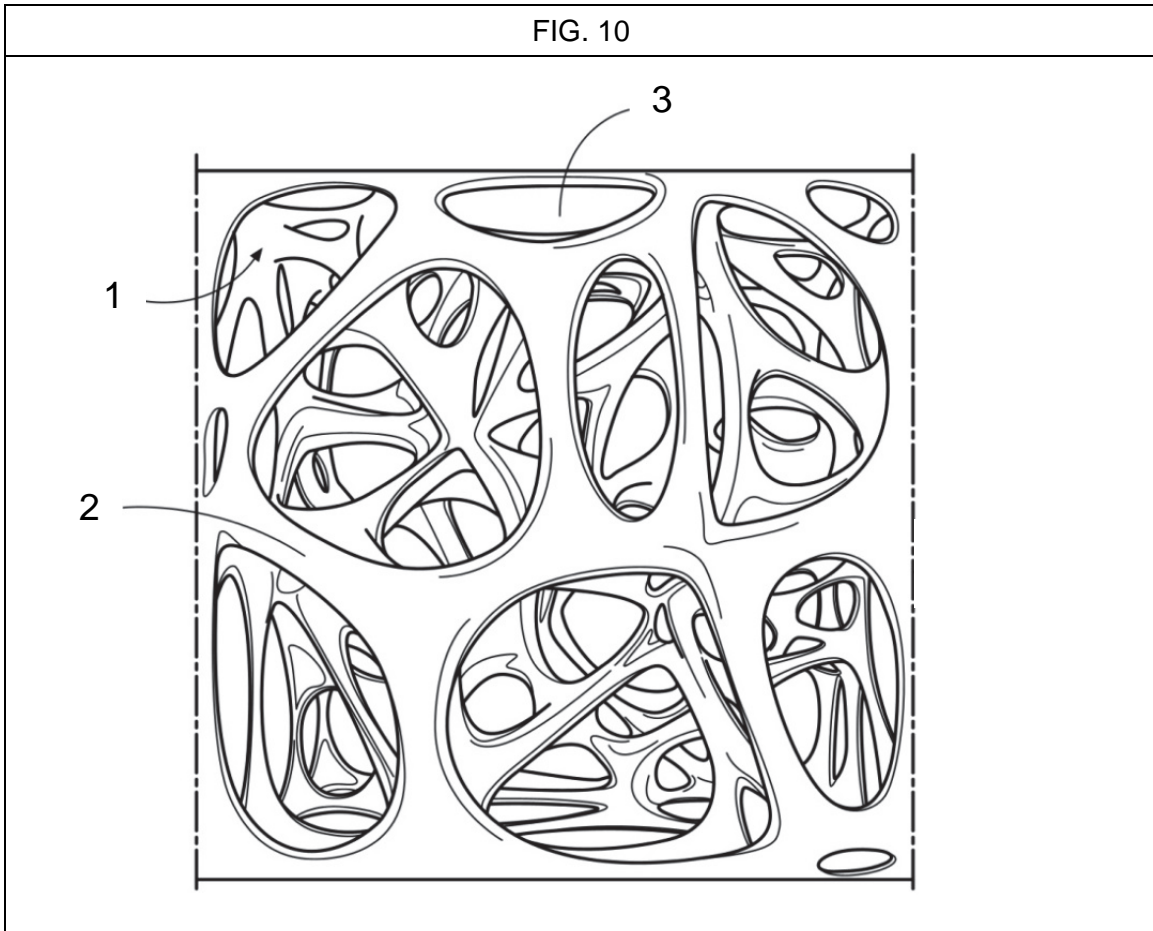
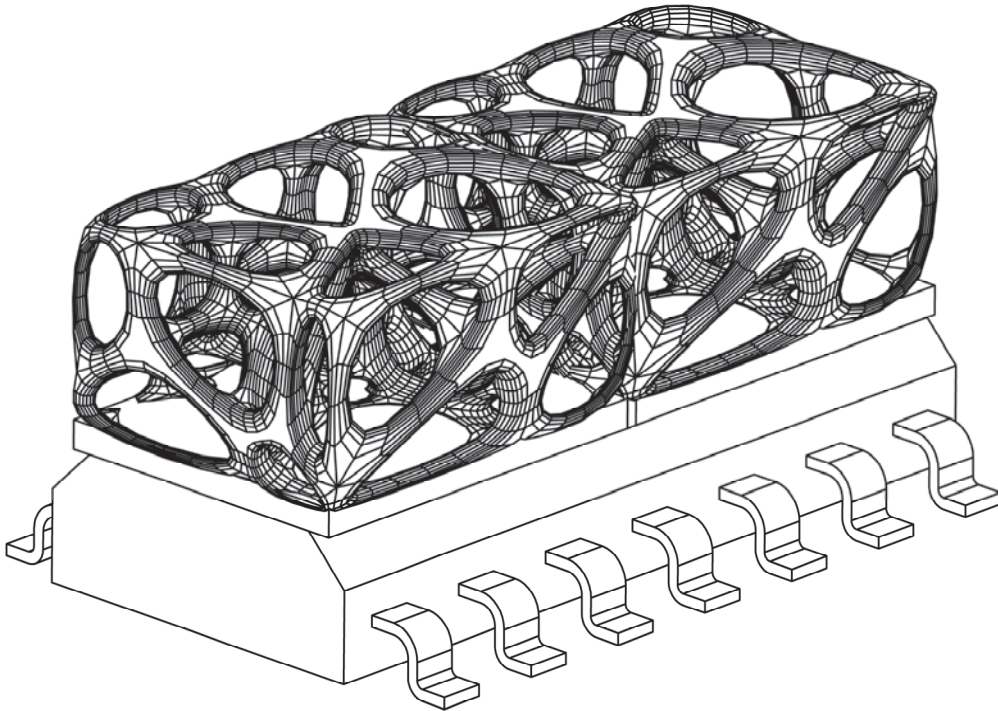


FIG. 11





- ②① N.º solicitud: 201530394
 ②② Fecha de presentación de la solicitud: 25.03.2015
 ③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤① Int. Cl.: Ver Hoja Adicional

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	KOU, SHUTING. "Porous structure modeling with computers". Postgraduate Thesis. University of Hong Kong [en línea] Noviembre 2014 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://hub.hku.hk/handle/10722/206700 > DOI: < 10.5353/th_b5223989 >	1-3
Y	US 2009321045 A1 (HERNON DOMHNAILL et al.) 31.12.2009, párrafos [16-22],[31-38]; figuras 2-4.	1-3
A	V. PETROVIC et al. "Additive layer manufacturing: state of the art in industrial applications through case studies". International Journal of Production research. Volume 49, issue 4, páginas 1061-1079 [en línea] Febrero 2010 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903479786 >	1-3
A	X.Y. KOU et al. "A simple and effective geometric representation for irregular porous structure modeling". Computer-Aided Design. Volume 42, Issue 10, Páginas 930-941 [en línea] Octubre 2010 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448510001211 > DOI: < doi:10.1016/j.cad.2010.06.006 >	1-3
A	CN 104028758 A (CHENGDU 3D CHANGE TECHNOLOGY CO LTD) 10.09.2014, resumen.	1-3
A	WO 2011060312 A2 (SMITH & NEPHEW INC et al.) 19.05.2011, párrafos [2],[6],[10],[30-33],[37],[72-76],[83],[90-96],[101],[104],[111]; figuras 1-2,8,10-11.	1

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
07.04.2016

Examinador
J. M. Vázquez Burgos

Página
1/6

CLASIFICACIÓN OBJETO DE LA SOLICITUD

B33Y50/02 (2015.01)

B33Y80/00 (2015.01)

G06T17/10 (2006.01)

H01L23/367 (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B33Y, G06T, H01L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, INTERNET

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 07.04.2016

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-3	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-3	NO

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

Base de la Opinión.-

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

1. Documentos considerados.-

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	KOU, SHUTING. "Porous structure modeling with computers". Postgraduate Thesis. University of Hong Kong [en línea] Noviembre 2014 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://hub.hku.hk/handle/10722/206700 > DOI: < 10.5353/th_b5223989 >	25.11.2014
D02	US 2009321045 A1 (HERNON DOMHNAILL et al.)	31.12.2009
D03	V. PETROVIC et al. "Additive layer manufacturing: state of the art in industrial applications through case studies". International Journal of Production research. Volume 49, issue 4, páginas 1061-1079 [en línea] Febrero 2010 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207540903479786 >	18.02.2010
D04	X.Y. KOU et al. "A simple and effective geometric representation for irregular porous structure modeling". Computer-Aided Design. Volume 42, Issue 10, Páginas 930-941 [en línea] Octubre 2010 [recuperado el 06.04.2016] Recuperado de Internet: < http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010448510001211 > DOI: < doi:10.1016/j.cad.2010.06.006 >	31.10.2010

2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración

La invención reivindicada divulga un método de fabricación de disipadores térmicos macroporosos, a partir de una estructura Voronoi obtenida de una nube de puntos variables de nucleación aleatorios. La arquitectura de sus trabéculas se define mediante una sustracción booleana entre el volumen total y el definido a partir de las celdas poliédricas de Voronoi, unida a una suavización del contorno de las trabéculas y un aumento del punto de unión de estas. Posteriormente, se fabrica el disipador por impresión 3D de dicha estructura.

El documento del estado de la técnica más próximo a la invención es D01 y divulga un estudio académico sobre diferentes alternativas para la modelización de estructuras porosas mediante ordenador. Este documento incluye varias referencias, una de las cuales, la número [53], se incluye como documento D04 para mayor facilidad en su identificación, y se considera incorporada por referencia a D01, y por tanto parte de él.

Reivindicación 1

Con el fin de ilustrar con claridad las posibles diferencias entre la invención reivindicada en 1 y el documento D01 del estado de la técnica más próximo, se reproduce seguidamente el texto de dicha reivindicación, eliminando del mismo las referencias originales e insertando donde procedan las de D01. Además, el texto que pudiera no estar incluido en D01 se señalaría entre corchetes y en negrita.

Método de fabricación de un **[disipador térmico]** macroporoso diseñado según un método basado en diagramas de Voronoi (apartado 4) caracterizado porque:

- la formación de la estructura Voronoi generadora **[del disipador]** es obtenida a partir de una nube de puntos de nucleación aleatorios (apartados 4.2.2, 4.3.1, 4.3.3) y variable en número (apartado 4.4) según la porosidad a obtener y donde la arquitectura de sus trabéculas de sección no constante (figura 40.a) y del poro (figura 39) son definidas a partir de una operación booleana de diferencia o sustracción entre el volumen total que lo contiene y el volumen definido a partir del escalado de las celdas poliédricas de Voronoi nucleadas a partir de cada uno de los puntos aleatorios introducidos (apartados 4.3.2.1, 4.3.3) y **[a cuyas celdas]** se les aplica una operación de redondeo en sus vértices y aristas para suavizar las transiciones de radio en el mallado final de las trabéculas, siendo más ancha en la zona de unión trabecular (apartado 4.3.3; figuras 39-40) y en consecuencia mejorando su capacidad de conducción de calor,
- **[el disipador]** es fabricado a partir de técnicas aditivas de impresión 3D (apartado 3.4) como el sinterizado selectivo láser (SLS) u otros semejantes a partir de la obtención del fichero STL (estereolitografía) que se corresponde con la estructura definida en el punto anterior y donde los materiales utilizados para la fabricación son tanto aleaciones metálicas (apartado 2.1.4.2) de alto o bajo punto de fusión y/o combinaciones apropiadas de las mismas con materiales cerámicos de base carbono como materiales poliméricos termoplásticos (punto 1.2.4) y/o tintas fraguables conductoras **[que permitan en todos los casos disipar el calor de la mejor forma posible]**.

Con respecto a la construcción de la arquitectura de las trabéculas, el documento D01 muestra en el apartado 4.3.2.1 un método para el caso de bidimensional (caras de los volúmenes definidos por la teselación Voronoi del volumen), que es equivalente a un escalado de dicha cara (mediante el parámetro "t" mostrado en la figura 34). Dicho apartado (figura 36) muestra también como las trabéculas y los nodos en los que se unen se forman a partir de una sustracción booleana de la superficie escalada y redondeada de la cara. En el apartado 4.3.3, si bien no se precisa cómo se llega a la célula tridimensional, se considera que ha sido aplicado el método anterior pero en tres dimensiones. Esto es, definiendo, a partir de las caras escaladas y redondeadas un volumen interno escalado y redondeado, posteriormente sustraído, de forma que a los nodos resultantes (zonas de unión trabecular) se les ha incrementado la sección (figura 40). En cualquier caso, se considera que un experto en la materia no necesitaría de actividad inventiva para extender el método descrito del caso bidimensional al tridimensional, extendiendo el procedimiento del apartado 4.3.2.1 al caso del apartado 4.3.3.

Adicionalmente, es interesante mencionar que el documento D04, incorporado a D01 por referencia, presenta también un método de modelización de estructuras porosas basado en teselado aleatorio Voronoi, escalado y sustracción Booleana de volúmenes, con redondeado del perímetro del polígono escalado (apartados 3.2, 3.4, 4.3; figuras 15-16).

Las principales diferencias entre la invención reivindicada en 1 y el documento D01 del estado de la técnica más próximo son:

- a) El documento D01, a diferencia de la reivindicación 1, plantea un procedimiento donde primero se suaviza el volumen total, de forma que, al sustraerlo, las aristas restantes están ya suavizadas, y los puntos unión entre ellas poseen un ancho mayor.
- b) El documento D01, aunque incluye la fabricación de elementos porosos mediante impresión 3D (apartado 3.4), no incluye su aplicación al caso de los disipadores térmicos.

Y, como consecuencia, los efectos técnicos que estas diferencias producen son:

- a) En la invención reivindicada en 1, la sustracción booleana del volumen supone una menor complejidad de cálculo que en el caso de D01, mientras que ocurre lo contrario en la fase siguiente de definición del contorno de las trabéculas, si bien el resultado final es el mismo en ambos casos.
- b) D01 define un procedimiento para el diseño de elementos compuestos de materiales porosos, pero no considera el caso de su aplicación al diseño de disipadores térmicos, como la invención reivindicada en 1.

De ambos efectos se deduce que los problemas técnicos objetivos a resolver serían:

- a) Definir un procedimiento de diseño que defina trabéculas redondeadas y zonas de unión más anchas, donde el paso de sustracción booleana del volumen de la celda presente la menor complejidad de cálculo y procesamiento posible.
- b) Aplicar el procedimiento definido en D01 al caso concreto de los disipadores térmicos.

En el caso del problema a), teniendo en cuenta que tanto en D01 como en 1, se obtiene el mismo resultado suavizando la curva que encierran las aristas de cada cara, la elección de una u otra posibilidad consiste meramente en realizar dicho suavizado cuando la curva encierra un volumen o cuando, suprimido este, delimita un lado de las trabéculas. Siendo pues la operación a realizar la misma, la diferencia estriba en el orden en que inserte en el procedimiento, por lo que se considera que un experto en la materia no requeriría de actividad inventiva para solucionar dicho problema.

Con respecto al problema b), el documento D02 muestra la aplicación de técnicas aditivas de impresión 3D (párrafos 17-18; 32-35), mediante laser, para la producción de disipadores térmicos, que pueden incluir materiales porosos (párrafo 37). Asimismo, y como ejemplo, el documento D03, presenta un estado del arte de las técnicas de fabricación por impresión 3D, incluyendo su aplicación a disipadores térmicos (apartado 3.2.1). Un experto en la materia combinaría el documento D01 del estado de la técnica más próximo con las partes relevantes de D02, para, sin necesidad de actividad inventiva, aplicar el procedimiento de D01 a la fabricación de disipadores térmicos. Sobre este particular, el documento D04 (apartado 3.2) detalla posibles estrategias de suavizado de la forma de polígonos Voronoi.

Por lo tanto se concluye que, a la luz de la combinación de D01 con D02, la invención reivindicada en 1 carece de actividad inventiva, conforme este requisito se define en el artículo 8 de la Ley de Patentes.

Reivindicaciones 2 y 3

La definición de un mayor o menor número de puntos de nucleación, objeto de 2, está incluida en D01 (apartado 4.4), donde, merced a una funciones de densidad se puede graduar la distribución de puntos en diferentes zonas del elemento a fabricar. La reivindicación 3 establece la posibilidad de adaptar el volumen del elemento a fabricar, a una forma concreta, como negativo de ella. El documento D04, incorporado por referencia al D01, incluye un procedimiento basado en teselación Voronoi (apartado 3.2), que permite adaptar la forma de dichos elementos a geometrías exteriores (apartados 3.4, 4.3; figura 15b). El procedimiento de modelación es muy similar al descrito en D01, salvo en que fusiona varios polígonos Voronoi para conseguir celdas cóncavas, lo que no resta aplicabilidad al caso de D01. Adicionalmente, también cabe considerar que el documento D01, en sus apartados 3.2.2-3.3.2 muestra la posibilidad de adaptar un teselación a una forma determinada, mediante la reducción del tamaño de celdas cúbicas y un volumen sustraído esférico. Habida cuenta de que D01 (apartado 4.4) también incluye la posibilidad, en un teselado Voronoi, de ajustar el tamaño de las celdas en diferentes partes del elemento, cabe concluir que un experto en la materia no necesitaría de actividad inventiva para dotar al método descrito en D01 de la posibilidad de adaptar el diseño de los elementos a geometrías externas, ya fuese mediante la utilización de las técnicas presentadas en D04, o la combinación de las de los apartados 3.2.2, 3.3.2 y 4.

En consecuencia, habiendo tenido en cuenta las oportunas relaciones de dependencia, se concluye que, a la luz de la combinación de D01 con D02, las invenciones reivindicadas en 2 y 3 carecen de actividad inventiva, conforme este requisito se define en el artículo 8 de la Ley de Patentes.