

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 009 838**

51 Int. Cl.:

F24H 9/1818	(2012.01)
F24H 9/1863	(2012.01)
A24F 40/46	(2010.01)
H05B 3/42	(2006.01)
H05B 3/82	(2006.01)
F24H 1/10	(2012.01)
F24H 3/04	(2012.01)
F24H 9/00	(2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.10.2020 PCT/EP2020/080262**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **06.05.2021 WO21083947**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.10.2020 E 20797471 (8)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.12.2024 EP 4051969**

54 Título: **Elemento de calentamiento con estructura de celdas abiertas**

30 Prioridad:

31.10.2019 EP 19206639

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.04.2025

73 Titular/es:

**KANTHAL AB (100.00%)
Box 502
734 27 Hallstahammar, SE**

72 Inventor/es:

**RAVE, FERNANDO;
LEWIN, MR. THOMAS y
CAO, PENGCHENG**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 3 009 838 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Elemento de calentamiento con estructura de celdas abiertas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de un elemento de calentamiento para la transferencia de energía térmica.

Antecedentes de la técnica

10 Los calentadores eléctricos incluyen típicamente un elemento de calentamiento por resistencia eléctrica para calentar un fluido o un objeto sólido. Convencionalmente, se usan alambres, tiras o conductos de aleación metálica relativamente delgados como elementos de calentamiento, siendo el efecto de calentamiento conseguido por el paso de corriente y la resistencia eléctrica del alambre o conducto.

Los elementos de calentamiento existentes tienen una eficiencia de transferencia de energía limitada debido en gran medida a su relación de área a volumen relativamente pequeña. Además, los elementos de calentamiento más grandes pueden ser pesados y estructuralmente débiles. De por sí, tienden a deformarse, combarse y presentar fluencia después de repetidas operaciones a alta temperatura.

15 También es difícil adaptar los elementos de calentamiento convencionales a la fuente de tensión/corriente disponible en uso, así como proporcionar un calentamiento uniforme de un objeto sólido irregular cuando se calienta por radiación.

Por consiguiente, existe la necesidad de elementos de calentamiento más eficaces y eficientes para transferir energía térmica en dispositivos de calentamiento y similares.

20 El documento de patente de EE. UU. n.º US 3244860 describe un calentador para gas que comprende un elemento de calentamiento de resistencia eléctrica de malla metálica dispuesto en una carcasa. Varias tiras de malla individuales dispuestas concéntricamente forman el elemento de calentamiento. Un gas fluye a través de la carcasa y de las tiras de malla y, por lo tanto, se calienta.

25 El documento de patente de EE. UU. n.º US 2018/0274817 describe un calentador de fluido en línea. Un cuerpo del calentador se calienta indirectamente por medio de un elemento de calentamiento, que se calienta eléctricamente. El cuerpo incluye unos puertos de entrada y salida para el fluido que se ha de calentar. En el contexto de conductos tubulares que se extienden a través del cuerpo, se propone la impresión 3D de aluminio como un método de producción para el cuerpo.

Compendio de la invención

30 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento. El elemento de calentamiento puede estar configurado para un dispositivo, conjunto o aparato de calentamiento. El elemento de calentamiento ofrece una transferencia de energía térmica mejorada desde un cuerpo del elemento de calentamiento a una fase de recepción, tal como un fluido que fluye en contacto con el elemento de calentamiento, o a un cuerpo sólido que se ha de calentar por radiación. Es un objetivo específico adicional proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento que ofrece unas propiedades estructurales y mecánicas mejoradas y, en particular, resistencia a la flexión para resistir las vibraciones y movimientos del elemento de calentamiento con respecto a otros componentes del conjunto de calentamiento tales como un bloque cerámico circundante o encapsulado u otros cuerpos secundarios (que incluyen opcionalmente alambres de calentamiento adicionales).

40 Un objetivo específico adicional es proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento que tenga propiedades tanto estructurales como mecánicas, de modo que sea resistente a las tensiones y a las demandas físicas generales encontradas en el uso resultantes de grandes diferenciales de presión, fuerzas gravitacionales y gradientes de calentamiento cíclicos. En particular, es un objetivo específico proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento de alta resistencia y peso ligero adaptado para ser resistente a la deformación, el pandeo y la fluencia después de repetidas operaciones a alta temperatura.

45 Un objetivo adicional es proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento que puede configurarse como el elemento de calentamiento primario o activo a través del cual fluye corriente predominante o preferentemente. Es un objetivo adicional proporcionar un método de fabricación de un elemento de calentamiento que puede configurarse como el elemento de calentamiento pasivo con respecto a uno o más cuerpos secundarios a través de los cuales fluye corriente predominante o preferentemente, o a un cuerpo secundario que se calienta por combustión de gas.

50 En dicha implementación, la presente matriz tridimensional puede proporcionar, en primer lugar, soporte estructural a un cuerpo secundario, tal como un alambre, tira, placa o conducto delgados, y en segundo lugar puede mejorar significativamente el efecto de transferencia de calor del cuerpo secundario, tal como por aumento de un área superficial del cuerpo secundario.

Los objetivos se consiguen por medio de un método de fabricación de un elemento de calentamiento mediante un proceso de fabricación aditiva según la reivindicación 1, en el que el elemento de calentamiento comprende: un cuerpo principal, siendo el cuerpo principal una matriz tridimensional que tiene una estructura abierta que define aberturas, huecos y/o poros que se extienden a través del cuerpo principal. La matriz tridimensional se proporciona como una celosía que tiene una celda unitaria de repetición para definir al menos parte del cuerpo principal. El cuerpo principal comprende al menos dos celdas unitarias situadas adyacentes entre sí en una primera dirección, al menos dos celdas unitarias situadas adyacentes entre sí en una segunda dirección, y al menos dos celdas unitarias situadas adyacentes entre sí en una tercera dirección. Las direcciones primera, segunda y tercera están dispuestas según un ángulo entre sí. Dicha configuración maximiza la relación de área superficial a volumen del elemento de calentamiento y, a su vez, mejora la transferencia de energía térmica.

La matriz de celosía tridimensional tiene una estructura regular. En consecuencia, estructuras irregulares tales como espuma o malla no tejida no son matrices de celosía tridimensionales. Las celdas unitarias de la celosía de la matriz tridimensional están dispuestas por tanto regularmente en el cuerpo principal. Las celdas unitarias de la celosía de la matriz tridimensional pueden disponerse simétricamente en el cuerpo principal. En la celosía del cuerpo principal, cada una de las direcciones primera, segunda y tercera que definen las posiciones adyacentes de las celdas unitarias, se extienden según el mismo ángulo entre sí. Es decir, el ángulo entre la primera y la segunda dirección es igual al ángulo entre la segunda y la tercera dirección y al ángulo entre la primera y la tercera dirección.

La presente matriz tridimensional/estructura abierta es además ventajosa para resistir las demandas térmicas, físicas y mecánicas dentro de los dispositivos de calentamiento, calentadores eléctricos, hornos, calderas, etc. El presente elemento de calentamiento es además ventajoso ya que puede conformarse según cualquier forma y configuración. Esto se obtiene debido a que es ligero y fuerte y a que se fabrica mediante fabricación aditiva. Gracias a la estructura abierta de la matriz de celosía, un fluido es capaz de pasar a través del elemento sin requerir una abertura dedicada en la estructura. Dicha estructura abierta también puede soportar estructuralmente elementos de calentamiento de cuerpo sólido. Por consiguiente, tales elementos de calentamiento de cuerpo sólido pueden diseñarse de nuevas maneras, las cuales serían imposibles sin el soporte estructural ligero proporcionado por la matriz de celosía. Adicionalmente, dicha estructura de matriz de celosía puede servir para aumentar un área superficial de un elemento de calentamiento de cuerpo sólido.

Una ventaja adicional del presente elemento de calentamiento de estructura abierta es la disponibilidad y libertad de elección para diseñar casi cualquier configuración de trayectoria de flujo de corriente y de fluido a través de la matriz cuando el presente elemento se emplea para un calentamiento resistivo directo, es decir, activo, si la matriz comprende un material eléctricamente conductor. El elemento puede implementarse alternativamente para un calentamiento pasivo, es decir, en combinación con al menos un cuerpo secundario a través del cual es dirigida la corriente para que fluya predominante o preferentemente con respecto a la parte de matriz tridimensional del elemento.

Una estructura de matriz de celosía relativamente densa proporcionará una mayor resistencia al flujo de fluido y una menor resistencia eléctrica que una estructura de matriz de celosía menos densa. Por consiguiente, el presente elemento de calentamiento, cuando se forma usando fabricación aditiva, hace posible el diseño de diferentes trayectorias para el flujo de corriente y también para el flujo de fluido. Además, las trayectorias para el flujo de corriente pueden variar en el área de la sección transversal, proporcionando así zonas estructurales que pueden diferir en su respectiva densidad de material, patrón de matriz, tipo y/o forma, etc. Además, el diseño de diferentes trayectorias para el flujo de fluido puede variar en el área de la sección transversal a través del elemento de calentamiento.

Dichas consideraciones se aplican a una parte de matriz de cuerpo principal del elemento y/o al cuerpo secundario. Opcionalmente, el cuerpo secundario, por ejemplo al menos una varilla, alambre, tira, placa o conducto delgados, puede formarse integralmente con la matriz de estructura abierta de cuerpo principal. Opcionalmente, el cuerpo secundario puede ser un cuerpo formado integralmente con el cuerpo principal, que tiene una estructura de celosía más densa que el cuerpo principal. En consecuencia, la presente estructura de celosía puede usarse como una estructura de refuerzo pasiva para un cuerpo o elemento secundario que actúa/funciona como el conductor eléctrico activo primario. Opcionalmente, el cuerpo secundario tiene una resistividad eléctrica menor que el cuerpo principal.

Por tanto, el elemento de calentamiento puede comprender un cuerpo secundario eléctricamente conductor, estando el cuerpo principal situado adyacente al cuerpo secundario.

La presente configuración, a través de la estructura abierta, facilita la estabilización del elemento de calentamiento cuando se implementa en posición adyacente a otros componentes de un dispositivo de calentamiento, tal como un bloque de camisa cerámica circundante, un elemento de calentamiento adicional o una cubierta/carcasa exterior. En particular, la matriz de estructura abierta puede ser ramificada o comprender proyecciones radiales adaptadas para la fijación física o el contacto con componentes potencialmente adyacentes del dispositivo de calentamiento. Dichas fijaciones radiales pueden formarse integralmente como parte de la presente estructura. Por ejemplo, dichos componentes estabilizadores pueden incluir discos estabilizadores, varillas, bloques, aletas, soportes, abrazaderas o bridas.

La presente matriz de estructura abierta que comprende una estructura de celosía puede fabricarse mediante fabricación aditiva. La matriz de estructura abierta puede comprender 'terminales' en extremos opuestos de la

estructura de celosía, permitiendo dichos terminales la conexión de la estructura de celosía a conexiones/conductos eléctricos adecuados para la aplicación de una tensión al elemento de calentamiento. Dichos terminales pueden fabricarse con la estructura de celosía mediante fabricación aditiva, al objeto de formarse como un cuerpo unitario. Esto es ventajoso para proporcionar un elemento estructuralmente fuerte. Dicha configuración proporcionaría un elemento de calentamiento que tiene zonas de celosía abierta y respectivas zonas de extremo terminal representadas por partes de cuerpo generalmente más densas o sólidas, por ejemplo, como una capa, placa, disco u otro cuerpo generalmente sólido que está desprovisto del mismo tipo de aberturas, huecos o poros de la matriz abierta.

Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de un elemento de calentamiento mediante un proceso de fabricación aditiva como se define en la reivindicación 1.

El presente elemento de calentamiento puede estar adaptado para transferir calor a un fluido por conducción o convección, o a un cuerpo sólido por radiación. Como se apreciará, el presente elemento de calentamiento es adecuado para su uso con una variedad de fases receptoras de energía diferentes, incluyendo una variedad de fluidos, tales como gases o líquidos, y cuerpos sólidos.

El elemento de calentamiento puede estar configurado para la transferencia de calor en un dispositivo, conjunto o aparato de calentamiento.

Una ventaja particular del presente elemento de calentamiento cuando se emplea para calentar un cuerpo sólido por radiación es que la estructura abierta de celosía puede adaptarse para proporcionar una plataforma estructural para soportar estructuralmente y añadir resistencia a un cuerpo secundario que es, por ejemplo, una parte de cuerpo generalmente más densa o sólida, opcionalmente formada integralmente con el cuerpo principal de celosía, o un elemento de calentamiento de cuerpo secundario independiente situado adyacente a la presente matriz. Es decir, la presente celosía de estructura abierta proporciona una rigidez y/o una resistencia a la flexión deseadas con respecto a un cuerpo secundario, particularmente cuando éste está formado como un cuerpo o elemento de tipo alambre, tira, filamento o tubular relativamente delgado que puede tener tendencia a deformarse con el tiempo.

El elemento de calentamiento analizado en la presente memoria que tiene una estructura abierta se forma como una matriz de celosía tridimensional con aberturas y huecos, poros, cavidades, canales internos. Esta estructura abierta se denomina en la presente memoria con diferentes términos, tales como: estructura tridimensional, matriz tridimensional, estructura de celosía de matriz, estructura de matriz de celosía, estructura abierta de matriz de celosía, matriz de red, matriz de celosía, estructura abierta de celosía, matriz de tipo esqueleto, estructura abierta de matriz tridimensional, estructura de celdas abiertas tridimensional formada como una celosía. De por sí, estos términos indican el mismo tipo de estructura.

La referencia en la memoria a la "matriz tridimensional" abarca una matriz ordenada, una disposición de celda unitaria de repetición, una estructura de celosía. Es decir, una matriz tridimensional, matriz de celosía, etc. es una estructura tridimensional regular que tiene nodos y que comprende unas hebras que se extienden entre los nodos en tres dimensiones, es decir, las hebras que conectan al menos algunos nodos con otros nodos en tres dimensiones. Por lo tanto, la matriz tridimensional forma un cuerpo principal que tiene un volumen. Además, este término también abarca una matriz tridimensional que tiene diferentes zonas de unidades de repetición regulares y ordenadas, difiriendo dichas zonas en una cualquiera, o en una combinación, de forma, patrón, densidad aparente de material, grosor de "hebra" de matriz, área o anchura de la sección transversal, por ejemplo en un plano perpendicular al flujo de corriente y/o de fluido. La referencia en esta memoria a la "hebra" de matriz abarca la parte de cuerpo principal que está ramificada o es de tipo esqueleto que define la red y los poros, huecos, cavidades o aberturas internos. Las hebras tridimensionales de la matriz pueden considerarse una estructura de esqueleto, ramificada o de unión que define poros, huecos o aberturas internos de un tamaño, forma y distribución dentro de zonas específicas que son regulares. Las hebras pueden abarcar de esta forma estructuras tales como hilos, filamentos, alambres, varillas, tiras, etc., a partir de las cuales se forman estructuras de celda unitaria. Las hebras se unen en los nodos de la matriz tridimensional. Dicho de otro modo, los nodos se forman en los puntos de conexión de al menos tres hebras, o de al menos cuatro hebras, o de al menos seis hebras.

Los términos "celosía" y "red" utilizados en la presente memoria se refieren a un armazón que comprende las hebras de la matriz.

Por consiguiente, la celosía comprende hebras.

Además, las hebras se conectan entre sí en nodos para formar la celosía de la matriz tridimensional.

La referencia en la memoria a que la matriz tiene una estructura 'abierta' abarca una configuración de cuerpo principal rígido generalmente poroso que define un elemento de calentamiento poroso o de celdas abiertas. Como ejemplo, cuando el presente elemento de calentamiento es alargado, en un plano de sección transversal perpendicular al eje longitudinal, la sección transversal incluye el material que forma las hebras/esqueleto además de las zonas libres, abiertas o desocupadas que se denominan en la presente memoria poros, cavidades, huecos, etc.

El presente elemento de calentamiento puede estar formado como un cuerpo en el que la matriz de esqueleto se extiende a lo largo de todo el cuerpo del elemento de calentamiento, desde una zona, región o núcleo más interno hasta una superficie más externa.

Sin embargo, el presente elemento de calentamiento puede formarse para comprender cualquier forma y configuración de celosía tridimensional que se preforme como una matriz ordenada de celdas unitarias de repetición. Dichas estructuras comprenden una celosía regular que puede ser homogénea y comprender la misma estructura de celda de repetición a lo largo de todo el elemento de calentamiento.

5 Alternativamente, el presente elemento de calentamiento puede formarse a partir de zonas de celosía que difieren entre sí para definir una estructura de celosía heterogénea. Por ejemplo, el cuerpo principal del elemento de calentamiento puede comprender al menos una primera zona que tiene un primer tipo de celosía y al menos una segunda zona que tiene un segundo tipo de celosía diferente al de la primera zona. Opcionalmente, las zonas primera y segunda difieren en una cualquiera, o en una combinación, de: una forma o geometría de la celosía; una densidad de la celosía, que significa el peso de la celosía dividido por el espacio total de la celosía; un área de sección transversal, grosor o anchura de las hebras que forman la celosía; un tamaño, forma o número/cantidad de aberturas, huecos y/o poros que se extienden a lo largo de todo el cuerpo principal o el patrón general en una zona particular. Opcionalmente, las zonas primera y segunda están situadas de forma que se extienden en una dirección longitudinal del elemento de calentamiento, entre los respectivos extremos terminales. Opcionalmente, las zonas primera y segunda están situadas de forma que se extienden en una dirección de anchura a través del elemento de calentamiento con respecto a una dirección longitudinal que se extiende entre los respectivos extremos terminales. Opcionalmente, las zonas primera y segunda están situadas de forma que se extienden según una combinación de dirección longitudinal y transversal a través del elemento de calentamiento con respecto a una dirección longitudinal que se extiende entre los respectivos extremos terminales. Opcionalmente, las zonas primera y segunda están situadas de forma que se extienden ortogonalmente con respecto a la dirección longitudinal y a la dirección transversal.

La matriz se proporciona como una celosía que tiene una celda unitaria de repetición para definir un cuerpo principal que tiene un patrón. Opcionalmente, el patrón puede ser uniforme en el cuerpo principal que tiene aberturas, huecos y/o poros de un tamaño y una forma que son generalmente homogéneos (es decir, de dimensiones generalmente iguales) a lo largo de todo el cuerpo principal. Dicha configuración de cuerpo principal uniforme puede fabricarse mediante fabricación aditiva, en donde una celda unitaria se repite a lo largo de toda la longitud y el grosor del cuerpo. Por tanto, el cuerpo principal puede ser el resultado de un proceso de fabricación aditiva.

Opcionalmente, el cuerpo principal del elemento de calentamiento puede ser alargado. Es decir, el elemento de calentamiento formado a partir de la matriz de celosía puede comprender lo que puede considerarse como unos extremos longitudinales respectivos. Los extremos longitudinales pueden estar configurados como extremos terminales para su conexión a unos conductos eléctricos adecuados para la transferencia de corriente a través del elemento de calentamiento, a través del cuerpo principal o secundario del mismo.

Opcionalmente, un diámetro o anchura de uno de los elementos de celda de repetición de la matriz puede estar en el rango de al menos 0,1 mm, adecuado para su uso en calentadores eléctricos, hornos, calderas, dispositivos de calentamiento estáticos o móviles que incluyen atomizadores para uso en cigarrillos electrónicos y similares.

35 Opcionalmente, el cuerpo principal puede estar formado como una estructura cilíndrica alargada.

Opcionalmente, el elemento de calentamiento, y en particular el cuerpo principal, puede estar configurado para un calentamiento pasivo o activo. En particular, el cuerpo principal formado a partir de la celda unitaria de repetición de celosía puede proporcionarse en combinación con un cuerpo secundario y estar el cuerpo secundario configurado para un calentamiento activo. Dicho cuerpo secundario, opcionalmente formado de manera no integral con el cuerpo principal, puede incluir un elemento de calentamiento situado en estrecha proximidad, en contacto físico, en contacto físico parcial o en contacto no físico con el presente cuerpo principal tridimensional.

Por lo tanto, el cuerpo principal, también denominado cuerpo primario, en forma de matriz tridimensional puede ser activo, en el sentido de que es calentado directamente por una corriente eléctrica que se dirige a través del cuerpo principal y que de esta forma calienta el cuerpo principal. El cuerpo principal transfiere su calor al fluido. Alternativamente, el cuerpo principal en forma de matriz tridimensional puede ser pasivo, en el sentido de que es calentado indirectamente por un cuerpo secundario. De nuevo, es el cuerpo principal el que transfiere su calor al fluido.

50 Cuando el presente elemento de calentamiento comprende un cuerpo secundario, el cuerpo secundario es preferiblemente el elemento activo que tiene una resistencia eléctrica menor que el cuerpo principal. En dicha disposición, muy poca corriente pasará a través de la celosía de cuerpo principal para proporcionar la configuración pasiva. En dicha disposición, el cuerpo principal de celosía podría considerarse que proporciona principalmente un refuerzo estructural al cuerpo secundario (como medio a través del cual fluye la corriente principalmente). En segundo lugar, el cuerpo principal de celosía proporciona al cuerpo secundario un área superficial aumentada, lo que mejora la transferencia de calor desde el cuerpo secundario. Opcionalmente, el cuerpo principal y el cuerpo secundario pueden formarse integralmente y pueden producirse mediante el mismo proceso de fabricación aditiva, tal como impresión 3D.

55 Por lo tanto, el cuerpo secundario es activo en el sentido de que es calentado por una corriente eléctrica. El cuerpo secundario puede ser un alambre, tira, filamento o elemento tubular. Alternativamente, el cuerpo secundario puede ser una matriz tridimensional de un tipo diferente al del cuerpo principal.

Opcionalmente, el cuerpo principal puede proporcionarse como un núcleo situado internamente dentro del cuerpo

secundario. Opcionalmente, el cuerpo principal puede proporcionarse al menos parcialmente encerrando al cuerpo secundario que está situado en o hacia el núcleo del elemento de calentamiento. Opcionalmente, el cuerpo principal puede proporcionarse como una extensión lateral del cuerpo secundario, por ejemplo para extenderse o sobresalir de uno o más lados. Opcionalmente, el cuerpo principal se extiende por toda o la mayor parte de una longitud, anchura o grosor del cuerpo secundario al objeto de proporcionar un soporte estructural entre los extremos respectivos del cuerpo secundario, si es alargado.

El cuerpo secundario puede estar configurado para la conducción eléctrica primaria. En dicha configuración, el presente cuerpo principal de matriz tridimensional está adaptado para calentarse por contacto físico directo a medida que la corriente fluye a través del cuerpo secundario. El cuerpo principal de matriz tridimensional proporciona eficazmente de este modo al cuerpo secundario un área superficial aumentada, así como una resistencia a la flexión aumentada. El cuerpo secundario puede ser más denso, o sólido, en comparación con el cuerpo principal, teniendo un menor grado, o estando desprovisto, de aberturas, huecos y/o poros que se extienden a través del cuerpo principal. El cuerpo secundario puede estar formado del mismo material que el cuerpo principal, o el cuerpo principal y el cuerpo secundario pueden comprender un material respectivo diferente. Cuando el material es una aleación metálica, dicha 'diferencia' puede incluir las concentraciones relativas de los diferentes elementos de la aleación, o las aleaciones pueden diferir en sus composiciones elementales.

Opcionalmente, el elemento de calentamiento puede comprender además un cuerpo secundario que puede considerarse como un armazón, o que tiene al menos una parte de armazón, extendiéndose el cuerpo principal tridimensional abierto por dentro y/o entre zonas de la parte de armazón. En particular, la parte de armazón de cuerpo secundario puede definir zonas de extremo, bordes y/o esquinas de una estructura, extendiéndose la matriz abierta por dentro y/o entre la(s) parte(s) de armazón más densa(s) o sólida(s). La parte de armazón puede formarse integralmente con el cuerpo principal de celdas abiertas. Es decir, la parte de armazón puede formarse con la matriz abierta mediante el mismo proceso, por ejemplo fabricación aditiva. Opcionalmente, el armazón puede estar conectado o fijado al cuerpo principal del presente material. Un armazón más denso o sólido es ventajoso para proporcionar una trayectoria primaria opcional para el flujo de corriente. Dicha configuración es ventajosa para minimizar la tensión aplicada para obtener una corriente deseada. Se puede proporcionar una parte de armazón más densa o sólida en o hacia un centro del cuerpo principal. Opcionalmente, la parte de armazón puede proporcionarse en un perímetro del elemento de calentamiento. Opcionalmente, el armazón puede extenderse a lo largo de toda la longitud del elemento de calentamiento junto con la estructura abierta tridimensional del cuerpo principal. La parte de armazón representa un cuerpo secundario que es generalmente más denso, o sólido, en comparación con la matriz tridimensional abierta. Es decir, preferiblemente la(s) parte(s) de armazón tiene un grado significativamente menor, o está desprovista, de huecos, poros o aberturas internos al objeto de ser considerada generalmente sólida. Cuando la parte de armazón se proporciona como extremos terminales del elemento de calentamiento, la matriz puede extenderse entre los terminales. Opcionalmente, una parte de armazón puede extenderse entre los terminales para proporcionar una trayectoria primaria para el flujo de corriente con respecto a la matriz abierta, la cual en dicha configuración sería para calentamiento pasivo, es decir, que sería calentada indirectamente por conducción de calor a través de las partes de armazón. Opcionalmente, la al menos una parte de armazón puede proporcionarse dentro de la celosía tridimensional. Opcionalmente, el elemento de calentamiento puede comprender una pluralidad de partes de armazón que representan cuerpos secundarios formados a partir de material más denso o sólido que está substancialmente desprovisto de aberturas, poros y huecos en comparación con la celosía del cuerpo principal.

Por tanto, el cuerpo secundario puede comprender el mismo material que el cuerpo principal y/o puede estar formado integralmente con el cuerpo principal.

Según las realizaciones, el cuerpo secundario puede extenderse longitudinalmente con el cuerpo principal entre los terminales respectivos del elemento de calentamiento.

Según las realizaciones, el cuerpo secundario puede extenderse a lo ancho u ortogonalmente con respecto a una longitud del elemento de calentamiento.

Según la invención, el presente elemento de calentamiento se fabrica mediante un proceso de fabricación aditiva. Se puede emplear una variedad de diferentes procesos de fabricación aditiva adecuados para su uso con materiales del presente tipo.

Como se ha mencionado anteriormente, la matriz de celosía tridimensional del cuerpo principal proporciona una relación de área superficial a volumen favorablemente grande en el elemento de calentamiento y, a su vez, mejora la transferencia de energía térmica.

Según las realizaciones, el cuerpo principal puede comprender una relación de área superficial a volumen no mayor que 95:1, tal como 1:1 a 95:1.

Según las realizaciones, el material eléctricamente conductor puede seleccionarse del grupo de aleación de hierro-cromo-aluminio; aleación de níquel-cromo, aleación a base de cobre-níquel, aleación de hierro-níquel-cromo, aleación de níquel-hierro-cromo-aluminio, material cerámico y material intermetálico. De esta manera, se puede proporcionar un material eléctricamente conductor que tiene una resistividad adecuada para proporcionar un elemento de

calentamiento activo cuando la corriente fluye a través de la estructura de matriz tridimensional del cuerpo principal. Además, dichos materiales son adecuados para la fabricación aditiva, la cual proporciona entonces un método adecuado para la producción del cuerpo principal.

5 Según las realizaciones, el material eléctricamente conductor puede tener una resistividad dentro de un rango de 0,1 a 1000 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

Según las realizaciones, el cuerpo principal puede haber sido formado en un proceso de fabricación aditiva. Es decir, el cuerpo principal puede resultar de un proceso de fabricación aditiva.

Breve descripción de los dibujos

10 A continuación se describirá una implementación específica de la presente invención, únicamente a modo de ejemplo y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista lateral en sección transversal de un calentador eléctrico que incorpora un elemento de calentamiento según una implementación específica de la presente invención.

La figura 2 ilustra esquemáticamente varias configuraciones de celosía diferentes que forman un cuerpo principal del elemento de calentamiento según implementaciones específicas.

15 La figura 3 es una vista en perspectiva de un elemento de calentamiento para su incorporación dentro de un calentador eléctrico del tipo de la figura 1 según una implementación específica.

La figura 4 es una realización adicional de un elemento de calentamiento que tiene una celosía que se extiende entre zonas de un armazón.

20 La figura 5 es una vista en perspectiva de un conjunto de elemento de calentamiento que comprende un cuerpo principal y un cuerpo secundario, estando el cuerpo principal formado como una celosía que se extiende externamente alrededor de un cuerpo secundario sólido según una implementación específica.

La figura 6 es una vista en perspectiva de una realización adicional de la presente invención formada como un conjunto que tiene un cuerpo principal formado como una celosía que representa un núcleo que está rodeado por un cuerpo secundario generalmente tubular.

25 Las figuras 7a y b ilustran esquemáticamente configuraciones de celda unitaria adecuadas para formar el cuerpo principal de celosía mediante un proceso de fabricación tal como fabricación aditiva, en donde la figura 7a representa una configuración cúbica centrada en las caras y la figura 7b representa una configuración cúbica centrada en el cuerpo.

30 La figura 7c ilustra esquemáticamente celdas unitarias dispuestas adyacentes entre sí para formar parte de un cuerpo principal de celosía.

La figura 8 es una vista en perspectiva de un elemento de calentamiento formado como un cuerpo unitario que incluye una celosía de cuerpo principal que se extiende entre dos extremos terminales, con un cuerpo secundario de parte de armazón que se extiende longitudinalmente con el cuerpo principal de celosía, y adyacente a él, entre los extremos terminales según una implementación específica.

35 La figura 9 es una vista en perspectiva ampliada de una zona de extremo del elemento de calentamiento de la figura 8, con el cuerpo principal de celosía retirado con fines ilustrativos.

Descripción detallada de realizaciones preferidas de la invención

40 Haciendo referencia a la figura 1, un calentador eléctrico 10 comprende una cubierta en forma de funda o carcasa tubular 11 que define una cámara interna 17. El calentador 10 comprende un conducto de entrada de fluido 21 y una boquilla de salida de fluido 14 con un conducto de escape 13. Una brida de fijación 20 está montada en una brida de alimentación de corriente 19 que, a su vez, está acoplada a unas conexiones eléctricas externas 18. Una extensión de centrado 22 que puede ser parte de un elemento de calentamiento interno se proyecta hacia el interior de un conducto 16 para ayudar a la estabilización del conjunto de calentamiento.

45 Un bloque de camisa 41 está montado en su posición dentro de la cámara 17 y comprende una cavidad interna 15 que se extiende generalmente en posición central a lo largo del calentador 10 alineada sobre un eje longitudinal 12. La cavidad alargada 15 está separada de la carcasa externa 11 a través del bloque de camisa 41 formado a partir de un material cerámico térmicamente aislante adecuado. Un elemento de calentamiento 23 está montado dentro de la cavidad 15.

50 Según la presente disposición, el elemento de calentamiento 23 comprende una estructura tridimensional de celdas abiertas formada como una celosía.

El elemento de calentamiento 23 es generalmente alargado y comprende un primer extremo longitudinal 23a situado en la boquilla de salida 14 y un segundo extremo longitudinal 23b situado en o hacia un extremo terminal del conducto de entrada de fluido 21. El elemento de calentamiento 23 está conectado a través de conductos eléctricos intermedios adecuados (no mostrados) a las conexiones eléctricas externas 18. Por consiguiente, se puede aplicar una tensión al elemento de calentamiento 23 a través de los conductos y las conexiones eléctricas 18. En uso, un fluido, tal como un gas, se suministra al calentador eléctrico 10 a través del conducto de entrada 21 para fluir sobre, a través y en contacto con la celosía tridimensional del elemento 23 situado dentro de la cavidad 15. Como el elemento de calentamiento 23 está formado a partir de material de resistencia eléctrica, el fluido se calienta a medida que fluye desde el conducto 21 en contacto con el elemento de calentamiento 23, y es expulsado del dispositivo 10 a través de la boquilla 14 y el conducto de escape 13.

Para maximizar la eficiencia y la eficacia de la transferencia de energía térmica entre el elemento de calentamiento 23 y el fluido que fluye dentro de la cavidad 15, el presente elemento de calentamiento 23 comprende una matriz tridimensional abierta provista de aberturas, huecos internos, poros, cavidades y canales, etc. que se extienden a lo largo de toda la matriz de celosía de su cuerpo principal, y quedan definidos por ella. Es decir, el presente elemento de calentamiento 23 puede considerarse que comprende una configuración de tipo esqueleto sólido/rígido. La estructura de celosía proporciona una relación de superficie de calentamiento a volumen de fluido muy aumentada, en comparación con los elementos de calentamiento convencionales.

Haciendo referencia a la figura 1, el presente elemento de calentamiento 23 puede estar formado como una celda unitaria de repetición regular, en la que las aberturas, huecos, poros comprenden un tamaño y forma que son generalmente uniformes, es decir, de dimensiones aproximadamente iguales, a lo largo de todo su cuerpo principal. Dicha celosía regular uniforme proporciona un control de la eficiencia y efectividad de la transferencia de energía térmica al fluido que fluye. Adicionalmente, dicha configuración minimiza cualquier gradiente térmico a través del elemento de calentamiento, tanto en la dirección del eje longitudinal como en una dirección radial con respecto al eje 12. Como se apreciará y se ilustra en la figura 2, las formas, tamaños y dimensiones generales relativos de la celosía pueden obtenerse según diferentes implementaciones específicas.

La presente configuración abierta celular del elemento de calentamiento 23 se fabrica mediante métodos de fabricación aditiva. Dichas técnicas están adaptadas para proporcionar una configuración de celda unitaria de repetición en la que un cuerpo principal 25 del elemento de calentamiento 23 forma un armazón de tipo esqueleto que define unas aberturas 26 y unas cavidades internas 27.

La figura 2 ilustra esquemáticamente diversas configuraciones de celosía diferentes que forman un cuerpo principal 25 del elemento de calentamiento 23. Más específicamente, el cuerpo principal 25 comprende al menos una primera zona 60 que tiene un primer tipo de celosía y al menos una segunda zona 62 que tiene un segundo tipo de celosía diferente de la primera zona 60.

En estas realizaciones, el cuerpo principal 25 comprende seis zonas diferentes 60-70. La primera zona 60 y dos zonas más 64, 68 tienen el primer tipo de celosía. Las tres zonas restantes tienen tipos de celosía diferentes. Como ya se ha mencionado, la segunda zona 62 tiene el segundo tipo de celosía. Una tercera zona 66 tiene un tercer tipo de celosía y una cuarta zona 70 tiene un cuarto tipo de celosía. De esta manera, por ejemplo las tres zonas 60, 64, 68 que tienen el primer tipo de celosía pueden disponerse en contacto con un cuerpo secundario (no mostrado), que se calienta eléctricamente. El primer tipo de celosía puede proporcionar una transferencia de calor favorable desde el cuerpo secundario al cuerpo principal 25, mientras que la segunda, tercera y cuarta zonas 62, 66, 70 pueden proporcionar una transferencia de calor óptima a un fluido que pasa a través del cuerpo principal 25. Opcionalmente, las zonas segunda, tercera y cuarta 62, 66, 70 pueden proporcionar diferentes caídas de presión al fluido que pasa a través de las mismas, por ejemplo, la caída de presión más alta de estas zonas puede ser proporcionada por la segunda zona 62, proporcionando la tercera zona 66 una caída de presión media, y proporcionando la cuarta zona 70 la caída de presión más baja. Según realizaciones alternativas, las seis zonas 60-70 del cuerpo principal 25 pueden tener tipos de celosía diferentes. Según realizaciones adicionales, las zonas 60-70 del cuerpo principal 25 pueden tener sólo los tipos de celosía primero y segundo.

Haciendo referencia a la figura 3, el elemento de calentamiento 23 puede formarse como un cilindro hueco en el que la celosía del cuerpo principal 25 define la pared del cilindro que tiene unas aberturas 26 y unos huecos internos 27. En particular, el cilindro de celosía es hueco internamente al estar definido por las paredes del cilindro, y las paredes del cilindro también están abiertas a través de las aberturas 26 y los huecos internos 27. Las paredes del cilindro contienen la estructura de matriz de celosía tridimensional. Unos extremos terminales longitudinales primero y segundo 30a, 30b del elemento de calentamiento 23 están dispuestos como discos sólidos. Los extremos terminales 30a, 30b pueden formarse integralmente con el cuerpo principal 25 o pueden soldarse o fijarse al cuerpo principal 25. Unas conexiones primera y segunda 28, 29 se extienden axialmente desde cada uno de los respectivos extremos terminales 30a, 30b del elemento de calentamiento. Por consiguiente, tal y como se ha descrito haciendo referencia a la figura 1, se puede aplicar una corriente a través del elemento de calentamiento 23. Debido al contacto de área superficial aumentada entre el elemento de calentamiento 23 y el fluido que fluye, resultante de la estructura de celosía abierta tridimensional, el fluido se calienta eficiente y eficazmente en comparación con los elementos de calentamiento de cuerpo sólido convencionales. El tamaño y la forma de los huecos, aberturas y cavidades internos definidos por la estructura de esqueleto pueden ser variables para obtener un área superficial global/total deseada y para, a su vez, afectar a la velocidad de flujo y a la trayectoria del fluido que fluye a través del elemento de calentamiento 23.

Según implementaciones específicas adicionales de la realización de la figura 3, el cuerpo principal 25 puede extenderse a través del cilindro como una celosía que se extiende desde un centro axial hasta la superficie exterior del cilindro. Al igual que con la realización de la figura 3, una corriente pasaría entonces a través del cuerpo principal de celosía 25 que se configurará "activo" para proporcionar el cuerpo primario a través del cual pasa la corriente entre los extremos terminales. En esta implementación, se hace fluir preferiblemente un fluido a través del cuerpo principal, tal como transversalmente con respecto a la extensión axial.

Según una implementación adicional de la disposición de la figura 3, un cuerpo secundario tal como una varilla, tira o alambre sólidos (no mostrados) del mismo material que el cuerpo principal de celosía 25, o de un material adecuado diferente, puede extenderse axial e internamente por dentro del cuerpo principal de celosía 25 entre los extremos terminales 30a, 30b. En dicha disposición, el cuerpo secundario proporciona la trayectoria de flujo de corriente primaria a fin de ser considerado como "activo", mientras que el cuerpo principal de celosía 25 puede considerarse que proporciona un refuerzo estructural del cuerpo secundario y se consideraría como "pasivo" al objeto de proporcionar una transferencia de calor indirectamente desde el flujo de corriente a través del cuerpo secundario. El cuerpo principal de celosía proporciona al cuerpo secundario un área superficial aumentada que aumenta eficientemente la transferencia de calor desde el cuerpo secundario.

Según implementaciones específicas, el elemento de calentamiento 23 puede extenderse continuamente desde un centro axial hasta una zona de superficie radialmente más externa (la radialmente más alejada del eje 12). Sin embargo, como se ilustra en la figura 3 y se ha analizado anteriormente, el elemento de calentamiento 23 puede formarse macroscópicamente como un cuerpo hueco en el que la estructura de celosía del cuerpo principal 25 puede definir la(s) pared(es) del cilindro. Según una realización, se puede introducir un fluido en el centro del cilindro, y/o en la zona externa y/o puede ser dirigido para que fluya sobre toda la zona del elemento de calentamiento 23, que incluye un orificio interno y la superficie externa. Opcionalmente, las diversas realizaciones basadas en la figura 3, así como otras realizaciones descritas en la presente memoria, pueden estar configuradas y funcionar como elementos radiantes para irradiar energía térmica en respuesta al flujo de corriente que pasa directa o indirectamente a través del cuerpo principal 25.

Una realización adicional del presente elemento de calentamiento se describe haciendo referencia a la figura 4. Según la realización adicional, el elemento de calentamiento está formado como un conjunto que comprende una parte de armazón 32 dentro de la cual se extiende la celosía del cuerpo principal 25 que tiene la estructura tridimensional abierta. La parte de armazón 32 es un cuerpo secundario. El armazón 32 comprende unos puntales de borde 33 que se extienden longitudinalmente y unos puntales transversales 34 que se extienden a lo ancho. El armazón 32 comprende además unos extremos longitudinales primero y segundo 31a, 31b. Los puntales de borde 33 que se extienden longitudinalmente y los puntales transversales 34 definen unas aberturas 35 dentro de las cuales se extiende el cuerpo principal de celosía 25. Unas conexiones terminales 28, 29 adecuadas (no mostradas en la figura 4) pueden estar acopladas a los extremos longitudinales primero y segundo 31a, 31b al objeto de permitir que se aplique una tensión al elemento de calentamiento 23, y que se haga pasar una corriente a través del mismo. Según la realización de la figura 4, la corriente eléctrica fluye principalmente a través del armazón 32, es decir, a través del cuerpo secundario, y en particular a través de los puntales 33 de soporte sólidos que se extienden longitudinalmente. Sin embargo, algo de corriente fluirá/puede fluir a través del cuerpo principal de celosía 25. Como tal, el cuerpo de celosía 25 puede generar calor debido al flujo de corriente y/o a ser calentado por conducción térmica a través del contacto directo con el armazón 32, o por radiación del armazón 32. Dicha disposición puede ser ventajosa para minimizar cualquier riesgo de cortocircuito o de flujo de corriente inestable por operación a altas tensiones. Es decir, mediante la incorporación de la parte de armazón 32 se facilita el flujo de corriente a través del elemento de calentamiento 23 con respecto a un elemento de calentamiento que tiene exclusivamente el cuerpo de celosía 25 de mayor resistencia eléctrica y, como tal, se puede reducir la tensión aplicada.

Convencionalmente, un elemento de calentamiento puede estar formado por una varilla cilíndrica eléctricamente resistiva. Según la disposición de la figura 4, los puntales de borde 33 pueden verse como cuatro cuartos de dicha varilla cilíndrica. Debido a la separación espacial de los puntales 33, se aumenta la resistencia estructural del elemento de calentamiento en comparación con la varilla cilíndrica convencional. Sin embargo, el área de sección transversal de los puntales 33 es la misma que la de la varilla cilíndrica. De este modo, se mantiene en los puntales 33 la resistencia total de la varilla, a la vez que la resistencia estructural del elemento de calentamiento aumenta considerablemente. Al mismo tiempo, también se mantiene el efecto de calentamiento. Como se apreciará, el cuerpo principal 25 de la disposición de la figura 4 se considera como "pasivo" (no es la trayectoria de corriente primaria) mientras que los puntales 33 son "activos". En tales realizaciones, el cuerpo principal 25 proporciona el refuerzo estructural adicional de los puntales 33, así como una superficie de calentamiento aumentada que es contactada por un fluido que pasa a través del elemento de calentamiento 23.

Se describe una realización adicional haciendo referencia a la figura 5, en la que el cuerpo principal de celosía está formado como un conducto hueco cilíndrico. Un cuerpo secundario 37 se extiende a través de un orificio alargado interno 36 definido por la pared cilíndrica que se forma en el cuerpo principal 25. El cuerpo secundario 37 puede ser, por ejemplo, un alambre, una varilla o un conducto. El cuerpo secundario 37 comprende un material no poroso, más denso o sólido adaptado específicamente como componente adecuado para su uso como elemento de calentamiento. Según la realización de la figura 5, el cuerpo secundario 37 está situado dentro del orificio 36 y puede, o no, estar en contacto directo con una zona de superficie enfrentada interna del cuerpo principal 25. Los cuerpos principal y

secundario 25, 37 pueden estar dispuestos en contacto directo según disposiciones adicionales, y también pueden estar formados de manera integral. En uso, se puede aplicar una tensión directamente al cuerpo secundario 37 para que se comporte como el conductor eléctrico activo. Puede producirse cierta conducción eléctrica a través del cuerpo principal 25, aunque en algunas realizaciones el cuerpo principal 25 no está adaptado para un flujo de corriente continua y se considera pasivo. En cualquier caso, cuando el cuerpo secundario 37 se calienta por la tensión aplicada, el cuerpo principal 25 puede calentarse por contacto directo, radiación y/o conducción.

El presente elemento de calentamiento es adaptable para su uso como un elemento de calentamiento conductor en donde un fluido es dirigido para fluir a través del cuerpo principal 25, actuando en modo activo o pasivo. Adicionalmente, el fluido puede fluir a través del cuerpo secundario 37, tal como cuando el cuerpo secundario es un conducto. Alternativamente, el presente elemento de calentamiento puede emplearse como un cuerpo radiante para transferir energía térmica, por ejemplo, a una masa/cuerpo sólido vecino o adyacente. Cuando funciona como un elemento de calentamiento conductor, se permite que un fluido que fluye en contacto con el cuerpo principal 25 fluya a través y por dentro de la celosía de cuerpo principal como se ha descrito, para una transferencia de energía térmica eficiente y efectiva. En la disposición de la figura 5, el cuerpo principal de celosía 25 forma un manguito o funda para rodear el cuerpo secundario 37 eléctricamente conductor y proporcionar un refuerzo estructural y un área superficial aumentada.

Según una realización adicional ilustrada en la figura 6, el cuerpo principal de celosía 25 puede formarse como un núcleo de un conjunto de elemento de calentamiento similar a la realización de la figura 5 que tiene el cuerpo secundario 37. Sin embargo, según la realización de la figura 6, el cuerpo secundario 37 se proporciona como un cilindro alargado hueco o cuerpo tubular en el que el cuerpo principal 25 se extiende a través del orificio interno central 40 del cuerpo secundario 37. Tal y como se ha descrito haciendo referencia a la figura 5, se puede aplicar una tensión directamente al cuerpo secundario 37 que proporciona un calentamiento directo o indirecto del cuerpo principal 25 a través del contacto directo y/o por conducción. Se puede introducir un fluido en el orificio central 40, tal y como se ha descrito haciendo referencia al calentador eléctrico de la figura 1. En dicha realización, el cuerpo principal 25 proporciona una alta relación de superficie a volumen con respecto a un cuerpo secundario "vacío". El cuerpo principal 25 también proporciona un refuerzo estructural del cuerpo secundario 37. Además, el cuerpo principal 25 crea un flujo turbulento de fluido que fluye a través de la celosía, lo que da como resultado una eficiencia de calentamiento aumentada.

La matriz, es decir, el cuerpo principal 25, comprende al menos un material eléctricamente conductor.

El presente cuerpo principal 25 de celosía tridimensional puede estar formado por cualquier material convencional diseñado para su uso como elemento de calentamiento. Dichos materiales se consideran generalmente como materiales de resistencia eléctrica y resistentes a la fluencia a alta temperatura, a la corrosión, oxidación y carbonización.

Dicho material eléctricamente conductor puede seleccionarse del grupo de: aleación de hierro-cromo-aluminio, aleación de níquel-cromo, aleación a base de cobre-níquel, aleación de hierro-níquel-cromo, aleación de níquel-hierro-cromo-aluminio, material cerámico y material intermetálico. Por ejemplo, la aleación de hierro-cromo-aluminio proporcionará resistencia a la corrosión y resistencia a la fluencia a alta temperatura. Además, la aleación de níquel-cromo y la aleación de hierro-níquel-cromo proporcionarán resistencia a la corrosión, pero también resistencia mecánica a alta temperatura y buena capacidad de ser conformado. Además, la aleación a base de cobre-níquel proporcionará una buena conductividad térmica y también una buena propiedad de corrosión en húmedo. Adicionalmente, la aleación de hierro-níquel-cromo-aluminio proporcionará una resistencia mecánica global, resistencia a la corrosión y resistencia a la formación de polvo metálico. El material cerámico o el material intermetálico proporcionarán estabilidad a alta temperatura por encima de 1300 °C.

La presente construcción tridimensional de celdas abiertas proporciona una estructura que es además ventajosa para mejorar la resistencia física y mecánica del elemento de calentamiento, y/o para aumentar el área de calentamiento del elemento de calentamiento. Gracias al cuerpo principal de celosía 25 ligero y estructuralmente fuerte, el presente elemento de calentamiento puede formarse según un número ilimitado de estructuras de alta resistencia que tienen una o una pluralidad de geometrías de celda de repetición para definir una celosía ordenada. En particular, la presente estructura tridimensional de celdas abiertas puede comprender zonas que difieren en la estructura de celda de repetición que, a su vez, proporcionan zonas que ofrecen un soporte estructural diferente a un cuerpo secundario y/o proporcionan diferentes trayectorias de flujo de corriente de diferente resistencia y, por lo tanto, una magnitud de transferencia de energía por conducción y/o radiación. En particular, la resistencia a la flexión del elemento de calentamiento puede mejorarse con respecto a los elementos de calentamiento de cuerpo sólido convencionales. Adicionalmente, la estructura abierta puede facilitar la fijación de componentes de estabilización posicional, varillas, abrazaderas o bridas para montar y/o asegurar el elemento de calentamiento 23 en su posición dentro de un dispositivo de calentamiento del tipo de la figura 1. Según implementaciones específicas adicionales, la estructura de celosía puede diseñarse al objeto de comprender proyecciones de soporte posicional formadas integralmente como parte del cuerpo principal 25 y que se extienden radialmente hacia fuera desde el eje 12, y hasta hacer contacto con el bloque de camisa 41 y/o con una carcasa exterior 11. Tales proyecciones pueden estar fijadas en ubicaciones de montaje adecuadas para estabilizar posicionalmente el elemento de calentamiento 23 en su posición.

La estructura abierta tridimensional puede diseñarse al objeto de obtener el contacto de área superficial deseado con el volumen de fluido que fluye. Dicha relación superficie a volumen se puede definir en base a una celda unitaria (véase más adelante) del cuerpo principal de celosía 25 como la relación del área superficial total de la celda unitaria frente al volumen total de las partes sólidas de la celda unitaria, relación de área superficial a volumen. Es decir, el área superficial de las hebras 45 y los nodos de la celosía con respecto al volumen de las hebras y nodos. Según una realización, la relación de área superficial a volumen no es mayor que 95:1, tal como 1:1 a 95:1. Dichas disposiciones del elemento de calentamiento 23 pueden proporcionarse como un único cuerpo principal 25 que tiene una única celda unitaria de repetición o zonas de diferentes celdas unitarias y/o como un conjunto que tiene un cuerpo principal 25 en combinación con un cuerpo secundario 37. En particular, el elemento de calentamiento 23 puede formarse como un cuerpo principal 25 que es una estructura continua de tipo esqueleto como se describe en las figuras 2 y 3, una estructura/conjunto con armazón como se ilustra y describe haciendo referencia a la figura 4, o un conjunto multicomponente como se describe haciendo referencia a las figuras 5 y 6.

Haciendo referencia a las figuras 7a y b, el cuerpo principal 25 puede considerarse como formado a partir de celdas unitarias de repetición, estando formada cada celda a partir de hebras sólidas 45 que están unidas o ramificadas para definir la matriz tridimensional. Las hebras 45 se unen en nodos para formar la matriz tridimensional. El cuerpo principal 25 puede comprender un único tipo de celda unitaria que se repite sobre todo el volumen de la celosía o puede comprender una pluralidad de diferentes geometrías de celda unitaria para formar distintas zonas que difieren en su relación de área superficial a volumen y, por lo tanto, en el tamaño, forma y multiplicidad de las cavidades/poros internos 27, tal como, por ejemplo, las zonas primera y segunda 60, 62 analizadas anteriormente haciendo referencia a la figura 2. Según la configuración de celda unitaria de la figura 7a, el cuerpo principal 25 puede estar formado, por ejemplo, por celdas unitarias cúbicas centradas en las caras (fcc), o haciendo referencia a la figura 7b, puede estar formado por celdas cúbicas centradas en el cuerpo (bcc), o por una combinación de las mismas. La celda unitaria puede tener un diámetro, o anchura, de al menos 0,1 mm. La hebra 45 puede tener un diámetro de al menos 0,05 mm.

Según algunas realizaciones, la celosía puede comprender hebras 45 que tienen un diámetro, o un diámetro medio, que es mayor de 0,05 mm, tal como de 0,05 a 4 mm. El diámetro y el diámetro medio de una hebra 45 se miden perpendicularmente a una extensión longitudinal de una hebra 45. El diámetro medio es el diámetro promedio en caso de que la hebra 45 no tenga una sección transversal circular.

La figura 7c ilustra varias celdas unitarias 72 de una parte de un cuerpo principal 25 de un elemento de calentamiento. Cada celda unitaria 72 se muestra esquemáticamente como un cubo, y puede ser de uno de los tipos analizados en relación con las figuras 7a y b. Sin embargo, las celdas unitarias 72 no se limitan a las realizaciones mostradas, sino que pueden tener cualquier estructura interna adecuada de hebras y cualquier otra forma externa adecuada, tal como, por ejemplo, forma de tetraedro.

Las celdas unitarias 72 están dispuestas una al lado de la otra en 3 dimensiones, es decir, las hebras de celdas unitarias 72 adyacentes comparten nodos. Más específicamente, en las esquinas de cada celda unitaria 72, las hebras de las celdas unitarias 72 adyacentes están conectadas entre sí y, por lo tanto, forman nodos. Dado que cada celda unitaria 72, excepto las de las superficies exteriores del cuerpo principal 25, está rodeada por otras celdas unitarias 72, las celdas unitarias están situadas una al lado de otra en tres dimensiones. Por consiguiente, el cuerpo principal 25 comprende al menos dos celdas unitarias 72, 72' situadas adyacentes entre sí en una primera dirección d1, al menos dos celdas unitarias 72, 72'' situadas adyacentes entre sí en una segunda dirección d2, y al menos dos celdas unitarias 72, 72''' situadas adyacentes entre sí en una tercera dirección d3, en donde las direcciones primera, segunda y tercera d1, d2, d3 están dispuestas según un ángulo entre sí. Por ejemplo, si las celdas unitarias 72 tienen forma cúbica, como se ilustra, las tres direcciones d1, d2, d3 son ortogonales, si las celdas unitarias 72 tienen forma de tetraedro, las tres direcciones se extienden según un ángulo de 120 grados entre sí.

Una realización adicional del elemento de calentamiento se describe haciendo referencia a la figura 8. Según esta realización, el cuerpo principal de celosía 25 se extiende axialmente entre dos extremos terminales 46a, 46b. Cada extremo terminal 46a, 46b está formado como un cuerpo secundario sólido del mismo material que el que forma la celosía 25. Una parte de armazón 47 comprendida en el cuerpo secundario se extiende axialmente entre los extremos terminales 46a, 46b, inmediatamente adyacente al cuerpo principal de celosía 25. La parte de armazón 47, los extremos terminales 46a, 46b y el cuerpo principal 25 se forman integralmente, preferiblemente mediante un proceso tal como fabricación aditiva. La parte de armazón 47 está provista de unas ranuras 48 para alterar las características de flujo de corriente eléctrica, y en particular la resistencia eléctrica de la parte de armazón 47. En dicha configuración, el cuerpo principal 25 proporciona soporte estructural a la parte de armazón 47, siendo el cuerpo principal 25 considerado pasivo y siendo la parte de armazón 47 considerada activa como trayectoria de flujo de corriente primaria. El cuerpo principal 25 proporciona, por consiguiente, una transferencia de energía térmica, calor que se proporciona indirectamente desde el flujo de corriente que pasa principalmente a través del elemento de calentamiento activo, es decir, la parte de armazón 47.

La figura 9 es una vista de extremo ampliada del elemento de calentamiento de la figura 8, con el cuerpo principal de celosía retirado con fines ilustrativos. Como se muestra, los extremos terminales 46a están formados por placas relativamente cortas dispuestas ortogonales al elemento de calentamiento alargado, es decir, al cuerpo principal 25, y a la parte de armazón 47 de flujo de corriente activa. Los extremos terminales 46a, 46b comprenden un área de

- 5 sección transversal mucho mayor que la parte de armazón 47 o el cuerpo principal 25, en un plano perpendicular a la dirección del flujo de corriente entre los extremos terminales 46a, 46b. Por consiguiente, el mayor tamaño de sección transversal de los extremos terminales 46a, 46b hace que no irradian calor. El área de sección transversal del cuerpo principal de celosía 25 es relativamente pequeña, de modo que sólo pasaría una corriente insignificante a través de la celosía del cuerpo principal 25. En consecuencia, el cuerpo principal de celosía 25 se proporciona como el componente pasivo. Como se ilustra en la figura 9, el área de sección transversal de la parte de armazón 47 es más pequeña que los extremos terminales 46a, 46b para proporcionar una resistividad eléctrica más alta y, a su vez, un mayor efecto de calentamiento. Como se ilustra en el ejemplo de las figuras 8 y 9, la parte de armazón 47, a través de las ranuras 48, comprende una trayectoria serpenteante que se extiende longitudinalmente entre los extremos terminales 46a, 46b.
- 10 Como se apreciará, la parte de armazón 47 comprende unas zonas de trayectoria de flujo de corriente más anchas 49 en comparación con unas zonas de trayectoria de flujo más estrechas 50. Por consiguiente, la resistividad eléctrica en las zonas estrechas 50 será mayor para proporcionar una transferencia de energía térmica aumentada. Como tal, la parte de armazón 47 activa está provista de las zonas 49, 50 que ofrecen efectos de calentamiento diferenciales a lo largo de su longitud (entre los extremos terminales 46a, 46b) que pueden ser ventajosos para proporcionar zonas de calentamiento diferenciales dentro de un dispositivo de calentamiento. Dicha disposición puede usarse para calentar objetos sólidos irregulares, por ejemplo para obtener un calentamiento uniforme de un objeto irregular mediante calentamiento diferencial de las diferentes zonas/regiones del objeto irregular.
- 15
- 20 Según implementaciones específicas, los extremos terminales 46a, 46b también pueden estar provistos de diferentes áreas de sección transversal, tanto en la dirección de anchura como en la dirección longitudinal. Por ejemplo, el área de sección transversal en el plano perpendicular a la dirección de flujo de corriente, es decir, entre los extremos 46a, 46b, puede estrecharse para disminuir en una dirección hacia fuera desde el cuerpo principal de celosía 25 y hacia una cubierta exterior del dispositivo de calentamiento.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método de fabricación de un elemento de calentamiento (23) mediante un proceso de fabricación aditiva, comprendiendo el elemento de calentamiento (23): un cuerpo principal (25); siendo el cuerpo principal (25) una matriz tridimensional que tiene una estructura abierta que define aberturas, huecos y/o poros que se extienden a través del cuerpo principal (25),
- en el que la matriz tridimensional se proporciona como una celosía que tiene una celda unitaria de repetición (72) para definir al menos parte del cuerpo principal (25),
- caracterizado por que
- 10 el cuerpo principal (25) comprende al menos dos celdas unitarias (72, 72') situadas adyacentes entre sí en una primera dirección (d1), al menos dos celdas unitarias (72, 72'') situadas adyacentes entre sí en una segunda dirección (d2), y al menos dos celdas unitarias (72, 72''') situadas adyacentes entre sí en una tercera dirección (d3), y
- en el que las direcciones primera, segunda y tercera (d1, d2, d3) están dispuestas según un ángulo entre sí.
2. El método según la reivindicación 1, en el que la celosía comprende hebras (45).
- 15 3. El método según la reivindicación 2, en el que las hebras (45) se conectan entre sí en nodos para formar la celosía de la matriz tridimensional.
4. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que la celda unitaria de repetición (72) que define el cuerpo principal (25) tiene un patrón y el patrón es uniforme, y el cuerpo principal (25) comprende aberturas, huecos y/o poros de un tamaño y forma tal que son generalmente homogéneos a lo largo de todo el cuerpo principal (25).
- 20 5. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el cuerpo principal (25) comprende al menos una primera zona (60) que tiene un primer tipo de celosía y al menos una segunda zona (62) que tiene un segundo tipo de celosía diferente a la primera zona (60).
6. El método según la reivindicación 5, en el que las zonas primera y segunda (60, 62) del elemento de calentamiento (23) difieren en una cualquiera, o en una combinación, de: una forma o geometría de la celosía; una densidad de la celosía; un área de sección transversal, grosor o anchura de las hebras que forman la celosía; un tamaño, forma o número de aberturas, huecos y/o poros que se extienden a lo largo de todo el cuerpo principal (25).
- 25 7. El método según las reivindicaciones 5 ó 6, en el que las zonas primera y segunda (60, 62) del elemento de calentamiento (23) están situadas para extenderse en una dirección longitudinal y/o transversal a través del elemento de calentamiento (23) con respecto a una dirección longitudinal que se extiende entre unos respectivos extremos terminales.
- 30 8. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que la matriz comprende al menos un material eléctricamente conductor.
9. El método según la reivindicación 8, en el que el material eléctricamente conductor se selecciona del grupo de aleación de hierro-cromo-aluminio, aleación de níquel-cromo, aleación a base de cobre-níquel, aleación de hierro-níquel-cromo, aleación de níquel-hierro-cromo-aluminio, material cerámico y material intermetálico.
- 35 10. El método según la reivindicación 8 o 9, en el que el material eléctricamente conductor tiene una resistividad dentro de un rango de 0,1 a 1000 $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$.
11. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el cuerpo principal comprende una relación de área superficial a volumen no mayor que 95:1, tal como 1:1 a 95:1.
- 40 12. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que la celosía comprende hebras (45) que tienen un diámetro o un diámetro medio superior a 0,05 mm, tal como de 0,05 a 4 mm.
13. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el cuerpo principal es el resultado de un proceso de fabricación aditiva.
- 45 14. El método según cualquier reivindicación anterior, que comprende un cuerpo secundario eléctricamente conductor, estando el cuerpo principal situado adyacente al cuerpo secundario.
15. El método según la reivindicación 14, en el que el cuerpo secundario comprende el mismo material que el cuerpo principal y/o está formado integralmente con el cuerpo principal.
- 50 16. El método según las reivindicaciones 14 o 15, en el que el cuerpo secundario es más denso, o sólido, en comparación con el cuerpo principal, teniendo un menor grado, o estando desprovisto, de aberturas, huecos y/o poros que se extienden a través del cuerpo principal.

17. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que el cuerpo secundario se extiende longitudinalmente con el cuerpo principal entre unos terminales respectivos del elemento de calentamiento.

18. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que el cuerpo secundario se extiende a lo ancho, u ortogonalmente, con respecto a una longitud del elemento de calentamiento.

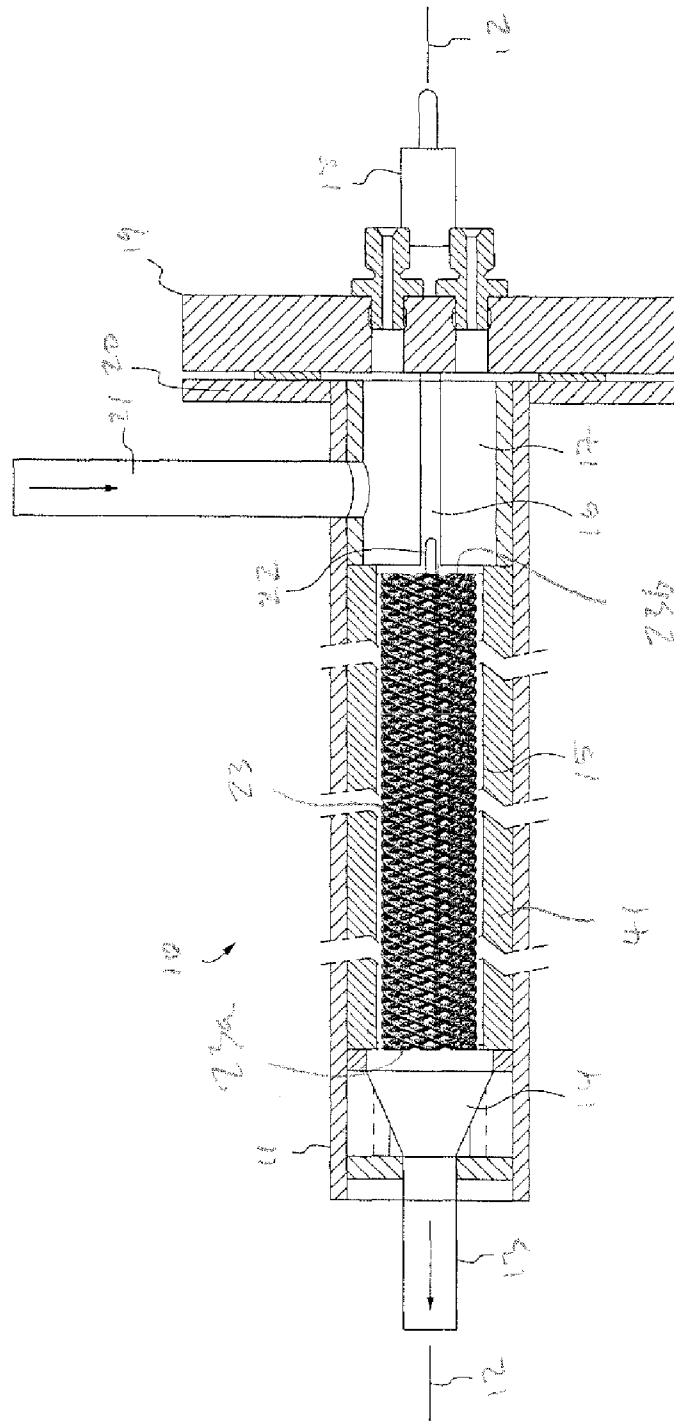
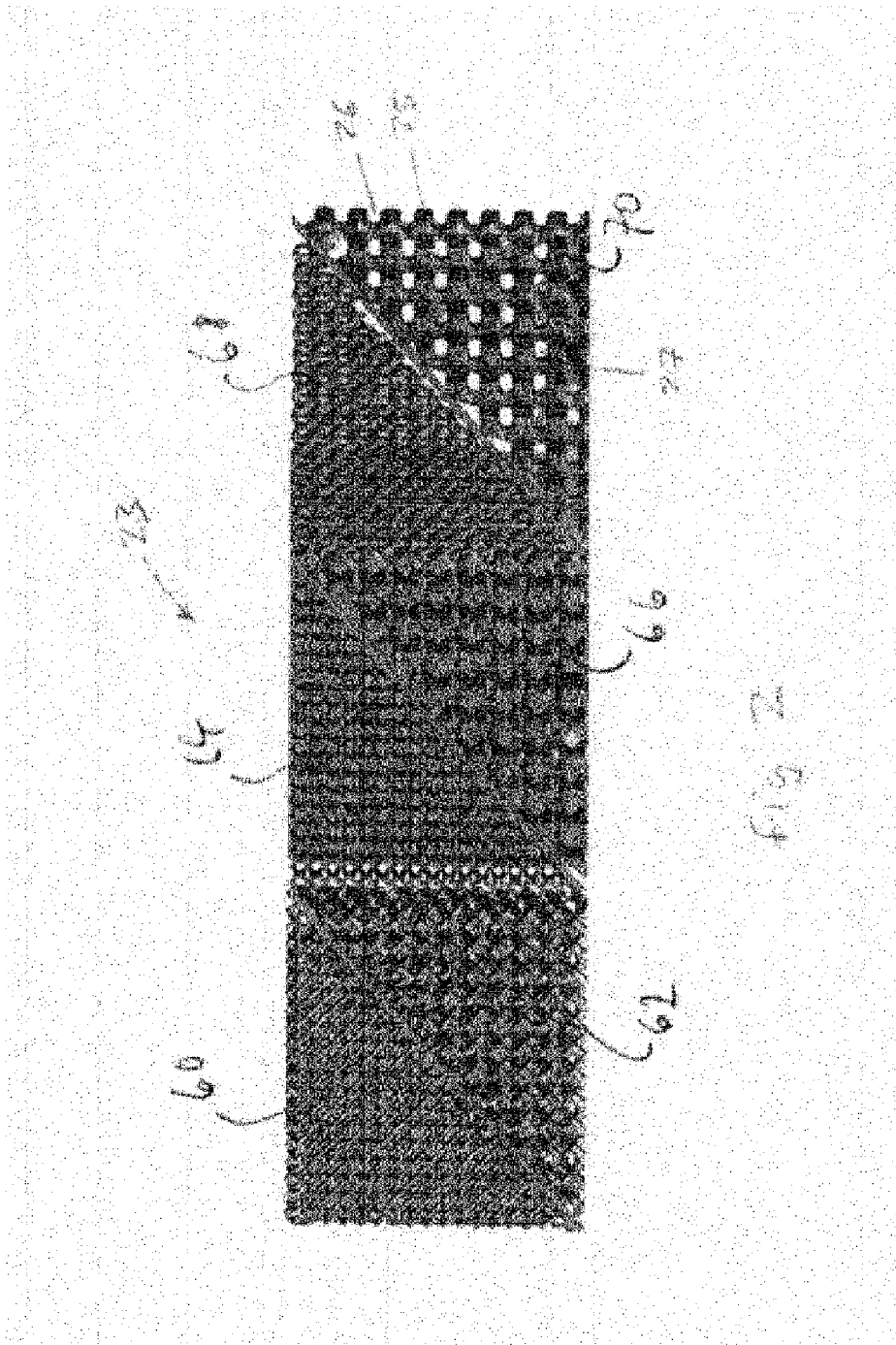
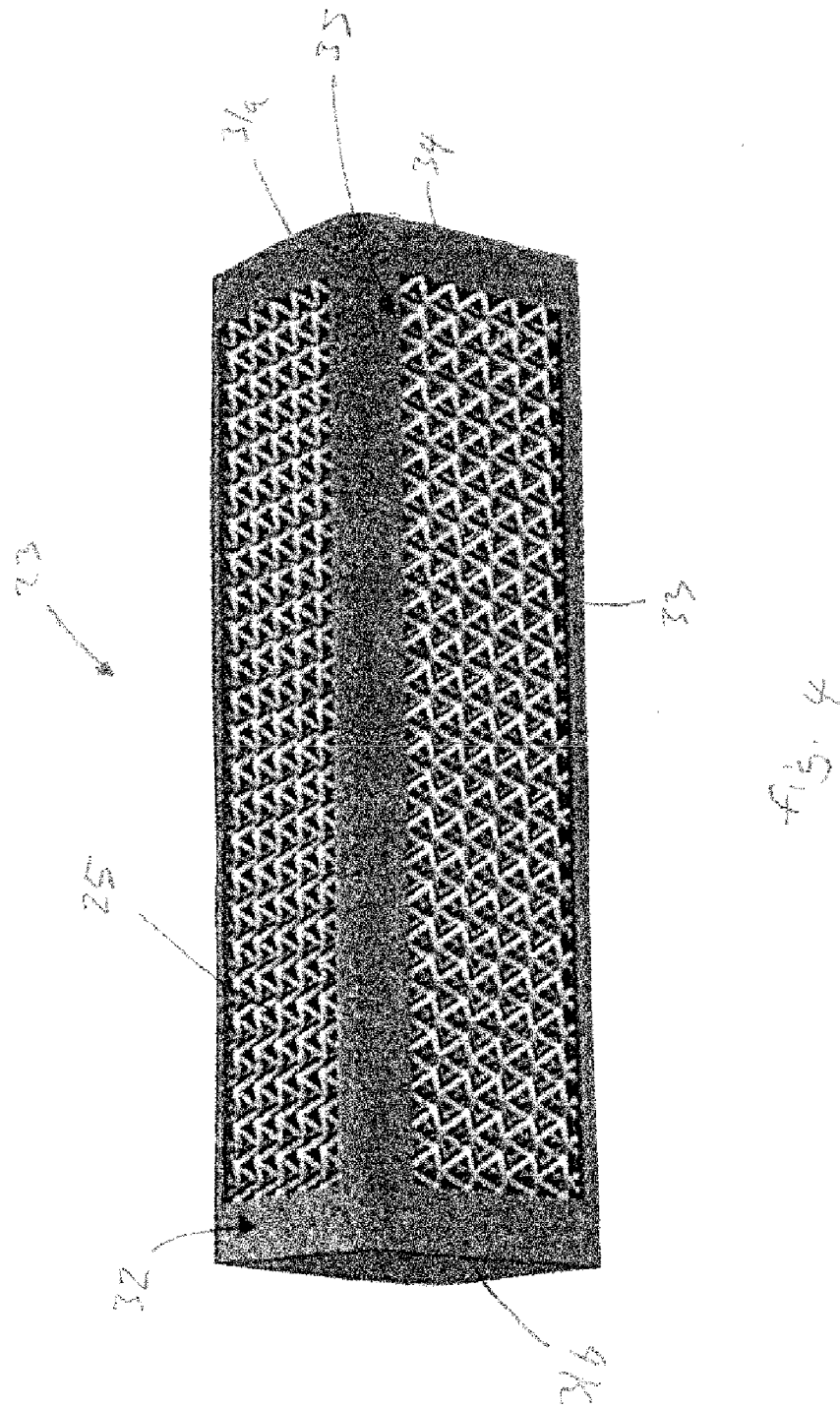


FIG. 1





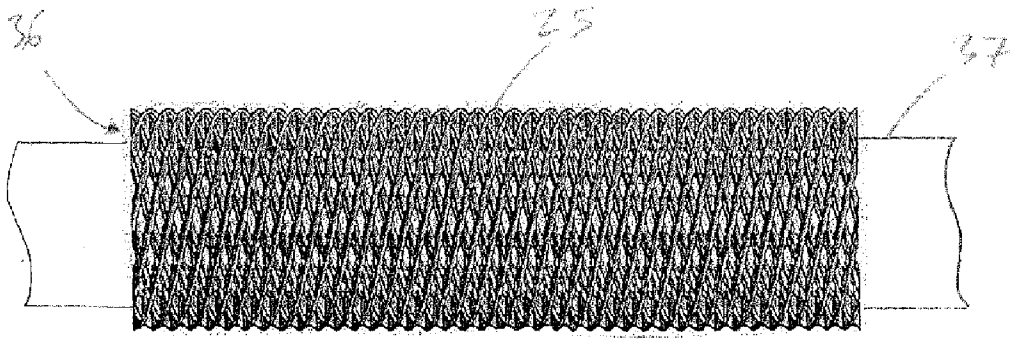


fig. 5

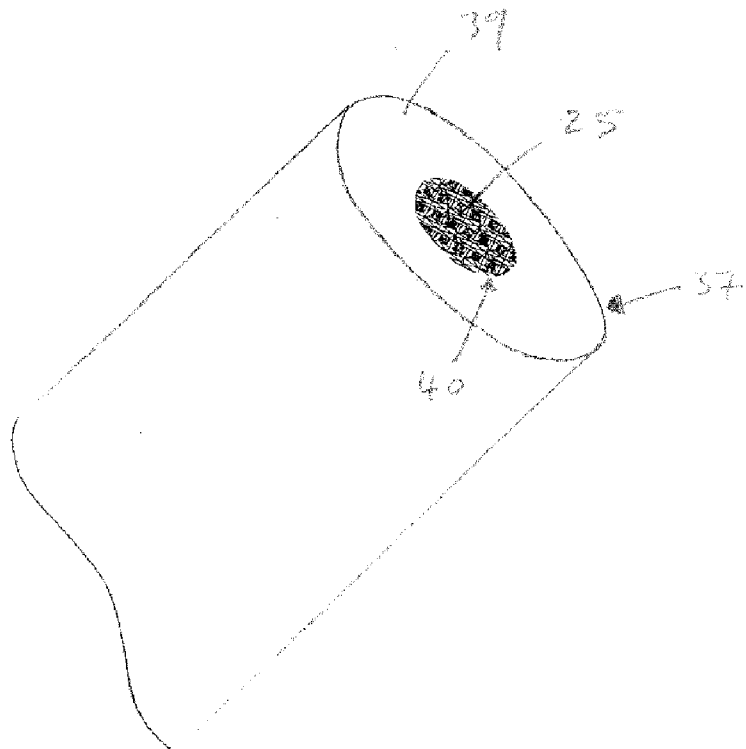


fig. 6

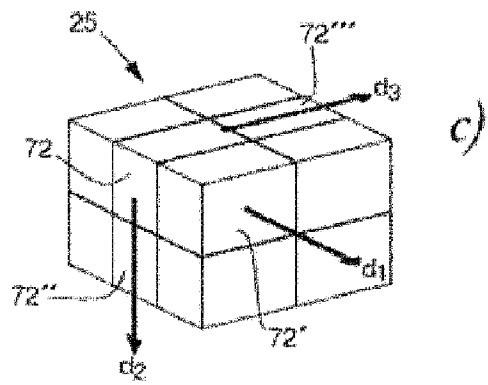
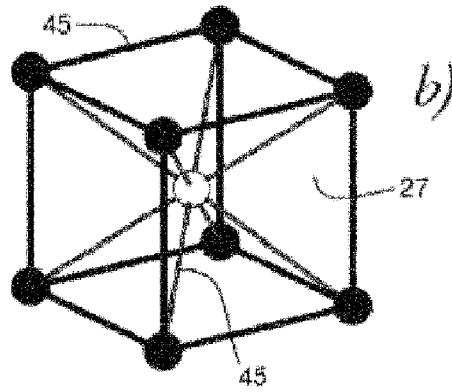
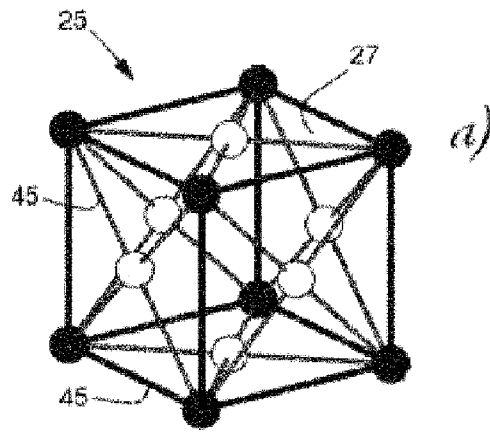


Fig 7

