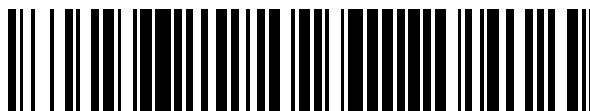


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 577**

51 Int. Cl.:

C04B 38/00 (2006.01)

B33Y 80/00 (2015.01)

B28B 7/34 (2006.01)

B28B 1/30 (2006.01)

B01D 39/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.07.2016 PCT/US2016/043391**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.01.2017 WO17015489**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.07.2016 E 16751398 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3325428**

54 Título: **Filtro de cerámica y método para formar el filtro**

30 Prioridad:

22.07.2015 US 201562195372 P

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

06.04.2020

73 Titular/es:

**ASK CHEMICALS LLC (100.0%)
Corporation Trust Center, 1209 Orange Street
Wilmington, DE 19801, US**

72 Inventor/es:

**GAGE, ROBERT, ALAN;
WILLIS, BRADLEY, THOMAS;
NORRIS, DAVID, ANDREW;
FORSYTHE, SHANNON, FREDERICK y
KROKER, JORG**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 752 577 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

Filtro de cerámica y método para formar el filtro

5 Campo técnico

Las realizaciones descritas se relacionan con un método para preparar un medio de filtro, especialmente de un material de cerámica y, especialmente, que utiliza una tecnología de impresión tridimensional. Dicho filtro es útil para filtrar remanentes, inclusiones y similares a partir de metal fundido en un proceso de fundición. Esta solicitud también se dirige al filtro formado por el método.

Antecedentes

Al verter un metal fundido, algunas impurezas en el metal permanecen en un estado sólido. Algunas de estas impurezas son óxidos de metal que se forman por exposición del metal fundido al oxígeno atmosférico. Resulta común utilizar un filtro de cerámica para eliminar estos, debido a la temperatura del metal que es manipulado y debido a la afinidad mostrada por las impurezas a base de óxido para adherirse al material de cerámica. La naturaleza reactiva de aluminio y aleaciones de aluminio las hacen particularmente propensas a formar óxidos indeseados, los cuales requieren de filtración.

Los filtros de cerámica también son útiles para filtrar agua. Sin embargo, las técnicas útiles para formar polvos de cerámica en filtros de agua, tal como sinterizar polvos de cerámica, no son útiles en la fabricación de filtros para metales fundidos, ya que los filtros de agua pretenden eliminar materiales a nivel micrométrico, en lugar de un área de flujo mucho más grande requerida para que pase rápidamente el metal fundido, para preservarlo en un estado fundido.

Un ejemplo de trabajo reciente en este campo es esclarecedor, aunque parece que aún existen problemas significativos por resolver. En la patente US 8.794.298 para Schlienger, se describe la necesidad de proporcionar un filtro de cerámica con trayectorias complejas deseadas para una buena filtración. Ahí, los inventores indican que en la técnica anterior se conocía infiltrar esferas de poliestireno espumado con una lechada de cerámica. Cuando la lechada fue encendida, el poliestireno se quemó, dejando una red de ligamentos dirigidos de manera aleatoriamente que soportaron una trayectoria de flujo retorcida de poros previamente ocupados por las esferas. La deficiencia de esta técnica es que la estrecha proximidad de algunas de las esferas presentó ligamentos frágiles que se pudieran romper durante el uso, lo que de hecho ocasionaría que el filtro sea una fuente de inclusiones.

Otra técnica descrita como inapropiada por la patente '298, fue un lecho comprimido de cerámica o partículas poliméricas en el que los intersticios proporcionarían la trayectoria, no obstante, una trayectoria que carece esencialmente de poros. Esta solución deja un porcentaje indeseablemente alto del volumen del filtro ocupado por las partículas. La solución enseñada en la patente '298 es proporcionar una "geometría electrónicamente definida y diseñada" tridimensional en la que el tamaño de poro, la tortuosidad y el diámetro mínimo de los ligamentos es predeterminado, aunque no se proporciona ninguno de estos detalles. Utilizar la geometría tridimensional predeterminada como una plantilla, la patente '298 describe utilizar una técnica de estereolitografía para formar la red reticulada mediante activación selectiva de láser de una resina que contiene el material de cerámica y es fotopolimerizable. La red del compuesto de polímero y cerámica es después reducida a cerámica por medio de técnicas conocidas, incluyendo la quema.

Una técnica un poco temprana para preparar un elemento de filtro de cerámica que tiene una estructura de esqueleto reticulado tridimensional con poros interconectados es impregnar con una lechada de cerámica una espuma de resina sintética reticulada que no tiene membranas celulares, tal y como lo enseña la patente US 6.203.593 para Tanuma. En cada caso en la patente '593, la espuma de resina reticulada se forma en una forma cilíndrica antes de impregnarla con cerámica, para que todos los elementos del filtro de cerámica proporcionados tengan una trayectoria de flujo axial sin obstáculos y que cualquier actividad de filtración ocurra por el flujo en la dirección radial del elemento cilíndrico. Esto sugiere que existe una gran cantidad de dificultad para lograr la penetración de la lechada de cerámica en la espuma polimérica reticulada.

El documento WO 2014/150503 revela filtros fabricados adicionalmente que pueden estar formados por una cerámica y configurados en un metal fundido de filtro. Estos filtros de cerámica pueden incluir una pluralidad de poros o aberturas dispuestos entre una superficie de entrada y una superficie de salida de una única unidad de cerámica. Los poros pueden ser unidades de forma dodecaédrica que tienen una entrada de fluido y/o una salida de fluido dispuestas en cada cara de los poros dodecaédricos.

Por lo tanto, una ventaja no cumplida de la técnica anterior es proporcionar un elemento de filtro de cerámica para eliminar impurezas en un vertido de metal fundido, en donde el elemento de filtro tiene un equilibrio apropiado de tortuosidad y estabilidad estructural.

65

Sumario

- 5 Esta y otras ventajas no cumplidas son proporcionadas por el dispositivo y método descrito y mostrado con mayor detalle a continuación.
- 10 Algunas de las ventajas no cumplidas se cumplen mediante un precursor para un dispositivo para filtrar metal fundido. El dispositivo tiene al menos dos capas del elemento de filtro, cada capa del elemento de filtro comprende una pluralidad de cajas geométricas tridimensionales unidas en relación fija la una con la otra.
- 15 Cada capa del precursor de filtro comprende además un miembro periférico que abarca la capa y una pluralidad de miembros espaciadores que se extienden entre los miembros periféricos de un par de capas adyacentes, manteniendo las capas en relación espaciada fija.
- 20 En algunas realizaciones, las capas son mantenidas en relación espaciada fija al unir una pluralidad de las cajas geométricas tridimensionales en una capa con una caja geométrica tridimensional en una capa adyacente.
- 25 En varios de los precursores de filtro, cada una de las cajas geométricas tridimensionales, comprenderá una pluralidad de segmentos lineales de un material unidos entre sí en la forma de un sólido geométrico, de manera que cada segmento lineal representa un borde del sólido geométrico.
- En particular, cada una de las cajas geométricas tridimensionales puede comprender veinte segmentos lineales de un material dispuesto en la forma de un octaedro parcialmente truncado. Tal forma tiene una cara superior e inferior cuadradas y ocho caras trapezoidales, los bordes más largos de las caras trapezoidales definen un ecuador entre las caras superior e inferior cuadradas. El ecuador tiene cuatro bordes y cuatro vértices.
- 30 Cuando se utiliza la forma de octaedro parcialmente truncada, puede existir una pluralidad de miembros de soporte lineales, dispuestos en relación paralela a través de la capa y subdividiendo la capa en una pluralidad de hileras. Entre cada par de miembros de soporte lineales adyacentes, es decir, en cada hilera, una pluralidad de cajas con la forma de un octaedro parcialmente truncado, son unidas por el ecuador a cada uno de los miembros de soporte lineales que definen la hilera.
- 35 En esta disposición, las cajas que tienen la forma de un octaedro parcialmente truncado pueden estar dispuestas a lo largo de cada hilera en una relación espaciada de cada una de las cajas adyacentes. Sin embargo, en otras realizaciones, las cajas pueden estar dispuestas a lo largo de cada hilera, unidas a cada una de las cajas adyacentes a las mismas.
- 40 En otra realización, cada una de las cajas geométricas tridimensionales puede comprender treinta y seis segmentos lineales de un material dispuesto en la forma de un octaedro totalmente truncado que tiene seis caras cuadradas y ocho caras hexagonales. En tal caso, cada una de las cajas de octaedro totalmente truncado puede estar unida a las cajas de octaedro totalmente truncadas de una manera de borde a borde, o alternativamente, cada una de las cajas de octaedro totalmente truncado puede estar unida a las cajas de octaedro totalmente truncado adyacentes de una manera de cara a cara, con base en caras cuadradas de las respectivas cajas.
- 45 El precursor de filtro del concepto inventivo se forma preferiblemente a partir de un material termoplástico adecuado para extrusión a través de un cabezal de impresión de una impresora tridimensional o una cerámica en una forma lechada adecuada para extrusión a través de un cabezal de impresión de una impresora tridimensional. En el caso de un termoplástico, un material preferido es un polímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).
- 50 En este último caso, el precursor es convertido en un filtro mediante el recubrimiento del precursor con una lechada de cerámica y luego calcinado.
- 55 Un método para hacer esto es generar, en un dispositivo informático, un modelo tridimensional de un precursor de filtro de acuerdo con la reivindicación 1. Este modelo se puede implementar como una instrucción indicada en una impresora tridimensional. Después, la instrucción indicada es útil para construir, mediante el uso de una impresora tridimensional, el precursor de filtro al depositar un material en una capa mediante un proceso de capas de acuerdo con la instrucción indicada y, especialmente si el material utilizado es un polímero, recubrir el precursor de filtro construido con una lechada de cerámica y calcar el precursor de filtro recubierto.
- 60 Cuando el material usado es una cerámica puede ser suficiente calcinar el precursor para proporcionar un filtro de material refractario, pero el recubrimiento puede ser útil para incrementar la tortuosidad del filtro.

Breve descripción de los dibujos

- 65 Una mejor comprensión de las realizaciones divulgadas se obtendrá a partir de la lectura de la siguiente descripción detallada y de los dibujos adjuntos, en donde los caracteres de referencia idénticos se refieren a partes idénticas, y

en los que:

la **figura 1** es una vista en perspectiva superior de una plantilla del elemento de filtro;

la **figura 2** es una vista en perspectiva de la plantilla de la figura 1 después de haber sido recubierta con una lechada de cerámica y calcinada;

la **figura 3A** es una vista en perspectiva frontal de un octaedro geométrico, que tiene vértices polares truncados; la **figura 3B** es una vista en perspectiva frontal de un octaedro geométrico, que tiene todos los vértices truncados;

la **figura 4** es una vista en planta superior de una porción de una capa de la plantilla de la figura 1;

la **figura 5** es una vista en planta superior de una porción de una primera capa alternativa de la plantilla de la figura 1; y

la **figura 6** es una vista en perspectiva de una porción de una segunda capa alternativa de la plantilla de la figura 1.

Descripción detallada

El desarrollo de técnicas de impresión tridimensional permite la conformación precisa de modelos en una tecnología de deposición de plástico de capa (LPD, por sus siglas en inglés). Un fabricante de una impresora tridimensional es Zortax, de Polonia. En un dispositivo de impresión Zortax convencional, un filamento de una resina polimérica, tal como un copolímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS), es alimentado a través de un extrusor en el extremo de un brazo controlado robóticamente sobre una plataforma caliente de manera precisa, construyendo una estructura de acuerdo con un modelo predeterminado de una manera de capa por capa.

La impresión tridimensional se puede lograr mediante el uso de otras tecnologías conocidas, siempre y cuando exista un modelo por ordenador del objeto a "imprimir". Se debe comprender que desde el 2010, la Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) ha desarrollado un conjunto de estándares que clasifican las llamadas "tecnologías de fabricación de aditivo" en siete categorías. Estas son: 1) fotopolimerización VAT; 2) inyección de material; 3) inyección de aglutinante; 4) extrusión de material; 5) fusión por lecho de polvo; 6) laminación de lámina; y 7) deposición de energía dirigida.

En fotopolimerización VAT, un contenedor de resina de fotopolímero líquido es selectivamente endurecida o curada mediante una fuente de luz, convencionalmente un láser. La tecnología más común de este tipo utiliza una fuente de luz ultravioleta en un proceso denominado como estereolitografía o SLA. Otras técnicas en esta categoría son la producción de interfaz líquida o CLIP (por sus siglas en inglés), formación de imágenes por transferencia de película y curado en tierra sólida.

La inyección de material aplica gotitas de material a través de una boquilla de diámetro pequeño de una manera que es similar a la impresión por inyección de tinta, pero se aplica de una manera de capa por capa y se endurece mediante luz ultravioleta. Un proveedor de esta tecnología es Stratasys.

La inyección de aglutinante utiliza dos materiales. Un material de base de polvo es dispersado en capas iguales en una cámara de construcción. El aglutinante líquido, aplicado a través de boquillas de inyección, "adhiere" el material de base en la forma del objeto deseado. Una vez completado, el exceso de polvo de base se limpia del artículo impreso, el cual se cura, normalmente mediante luz. Un polvo de base convencional puede ser un polvo metálico. Un proveedor de esta tecnología es ExOne.

El método usado de manera más común de extrusión de material es el modelado por deposición fundida, o FDM (por sus siglas en inglés). Un filamento de plástico o cable de metal se extiende a través de una boquilla de extrusión que puede activar o desactivar el flujo. La boquilla se mueve en tres dimensiones mediante el modelo por ordenador encima de una mesa sobre la que se construye el objeto. Los plásticos principales utilizados son acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) o ácido poliláctico (PLA). El término FDM es una marca registrada de Stratasys, así que en su lugar se utiliza el término "fabricación con filamento fundido" o FFF.

La fusión de lecho de polvo es ejemplificada por su técnica más común, que es sinterizado selectivo por láser o SLS, (por sus siglas en inglés). En este caso, un láser de alto poder funde pequeñas partículas de un material seleccionado, capa por capa, en una forma tridimensional. Claramente, el láser es dirigido por el modelo por ordenador del objeto que debe ser impreso. Las partículas a modo de ejemplo pueden ser plástico, metal, cerámica o vidrio.

En la laminación de láminas, el material en láminas se une con fuerza externa. Las láminas pueden ser de metal, papel o un polímero. Las láminas de metal pueden unirse mediante soldadura ultrasónica y después molerse con CNC. Las láminas de papel pueden adherirse convencionalmente con un adhesivo. Una compañía líder en esta tecnología es Mcor Technologies.

La última de las categorías es la deposición de energía dirigida. En este caso, un brazo robótico de múltiples ejes dirige una boquilla que deposita polvo metálico o cable sobre una superficie, en donde una fuente de energía lo

derrite. Una fuente de energía a modo de ejemplo puede incluir láser, haz de electrones o arco de plasma. Una compañía en esta tecnología es Sciaky.

5 La **figura 1** ilustra una vista en perspectiva superior de una plantilla ensamblada **10** para hacer una realización de un filtro de cerámica que incorpora el concepto inventivo. Una realización convencional de la plantilla ensamblada comprende dos o más capas **20** de las cajas geométricas tridimensionales **22** que están dispuestas en una relación predeterminada fija entre sí. Como se explicará con mayor detalle más adelante, cada capa **20** tendrá las cajas individuales **22** mantenidas en su lugar al ser unidas a cajas individuales adyacentes **22**, un miembro de soporte **24**, un miembro periférico **26** o alguna combinación de estos. En general, cada caja geométrica tridimensional **22** comprende una pluralidad de segmentos lineales de un polímero o, en algunos casos, un material de cerámica. El material de cerámica, cuando se utiliza, sería uno que es capaz de ser extruido a partir de un cabezal de impresión, especialmente un cabezal de impresión de una impresora tridimensional. En un método de impresión tridimensional, la plantilla **10** puede estar conformada de manera que las capas adyacentes **20** estén directamente unidas entre sí, pero esto no es considerado como un aspecto crítico del concepto inventivo, de manera que las capas individuales pueden ser conformadas y después unidas a las capas adyacentes mediante un proceso o método separado. La plantilla **10** tiene capas **20** que están unidas mediante un miembro periférico circular **26**. Los miembros periféricos individuales **26** están unidos en relación espaciada mediante los miembros espaciadores **28**. En la realización ilustrada, todos los elementos estructurales, es decir, las cajas **22**, los miembros de soporte **24**, los miembros periféricos **26** y los miembros espaciadores **28** comprenden el mismo material, ya sea polimérico o de cerámica.

20 Aunque la figura 1 divulga una realización específica de la capa **20** utilizada en la plantilla **10**, existen realizaciones claramente alternativas de la capa **20** conocidas por ser útiles para el concepto inventivo. Por esa razón, una descripción más detallada de algunas de estas realizaciones se describe con mayor detalle a continuación.

25 Ahora se dirige la atención a la **figura 2** que ilustra, en la misma vista en perspectiva frontal que en la figura 1, un filtro completado **110** que ha sido producido a partir de la plantilla de la figura 1. Completar el filtro **110** es necesario cuando la plantilla es construida de polímero y es deseable, pero no es necesario cuando la plantilla es construida de un material de cerámica. Para transformar la plantilla en el filtro completo **110**, la plantilla se recubre con una lechada de cerámica y después calcinada, lo que da como resultado una superficie en general inesperada pero generalmente continua **112** de un material de cerámica adecuado para exposición a metal fundido como un filtro. La ventaja provista por tal recubrimiento con lechada de cerámica es que la cerámica aplicada a partir de la lechada incrementa el volumen encerrado en el filtro y también introduce una cantidad significativa de aleatoriedad a la estructura regular contraria, lo que proporciona un grado más alto de tortuosidad al producto. En algunos casos, la lechada de cerámica cerrará de manera eficaz las "ventanas" hexagonales y cuadradas que están presentes en las cajas geométricas tridimensionales.

35 Hasta este punto se ha hecho referencia al uso de "cajas geométricas tridimensionales" como un elemento estructural en los filtros que materializan el concepto inventivo. En general, las cajas geométricas tridimensionales que funcionan tienden a ser estructuras o cajas que tienen la forma de un poliedro regular. Un poliedro regular particularmente útil es un octaedro o una estructura derivada de un octaedro. Como es bien sabido, un octaedro es uno de los sólidos platónicos que tiene 12 bordes, 6 vértices que están dispuestos en tres pares opuestos, los pares en relación ortogonal a los otros pares. Existen 8 caras, cada una de las cuales es un triángulo equilátero. Si un par opuesto de los vértices son truncados, se obtiene un sólido, tal como se muestra en la vista en perspectiva de la figura 3A. Esta estructura **40**, la cual será referida como un "octaedro parcialmente truncado", tiene una cara superior e inferior cuadradas **42** (solo una de las cuales es visible en la figura 3A) y ocho caras trapezoidales **44** (cuatro de las cuales son visibles en la figura 3A). Tiene un "ecuador" **46** definido por los cuatro bordes **48** que no intersectan a ninguna cara cuadrada **42**. Los cuatro vértices **50** que quedan después del truncamiento, se ubican en el ecuador **46**.

50 Si los cuatro vértices restantes **50** del octaedro parcialmente truncado **40** se truncan, se obtiene la estructura **60** mostrada en perspectiva en la figura 3B. Esta estructura **60** será referida como un "octaedro totalmente truncado". Tiene catorce caras, seis son caras cuadradas **62** (tres de las cuales son visibles en la figura 3B) y ocho son caras hexagonales **64** (cuatro de las cuales son visibles en la figura 3B). Hay un total de 36 bordes **68** con la misma longitud, con los bordes juntándose en un total de 24 vértices. Las seis caras cuadradas **62** están dispuestas en tres pares de caras cuadradas opuestas. Con base en cualquiera de estos pares, un "ecuador" **66** está definido por cuatro bordes **68** que son paralelos a un plano definido por el par de caras cuadradas. El octaedro totalmente truncado es un sólido "rellenador de espacio" que puede formar un teselado de un espacio tridimensional.

60 Se comprenderá que otras cajas geométricas, conformadas a partir de segmentos lineales que definen los bordes de un sólido geométrico, pueden ser útiles, convencionalmente hasta y que incluyen el icosaedro con sus 20 caras triangulares equiláteras. Cuando sea posible construir y utilizar estructuras más complejas con más bordes y vértices, el beneficio adicional de la capacidad de filtración incrementada disminuye en gran medida

65 También, aunque se cree que es preferible utilizar cajas geométricas tridimensionales idénticas en una capa determinada, es posible y puede ser ventajoso en algunas circunstancias, utilizar cajas geométricas tridimensionales de diferentes tamaños o formas en una capa determinada, o alterar los tamaños y las formas entre las capas

adyacentes.

Habiendo explicado esas definiciones, ahora se dirige la atención a la figura 4, en donde una vista en planta superior de una sección de la capa **20** ilustrada en la figura 1 se ilustra en una vista ampliada que permite comprender mejor los detalles. En este caso, cada caja **22** se forma como una estructura abierta de segmentos lineales que están en las posiciones de los bordes del octaedro parcialmente truncado de la figura 3A. Una cara cuadrada **142** se observa claramente, tal como son cuatro de las caras trapezoidales **144**. Dos vértices **150** de cada caja **22** están unidos a miembros de soporte **24** y los dos vértices restantes están unidos a un vértice de una caja adyacente. En variaciones de este diseño, las cajas **22** pueden estar más separadas a lo largo de los miembros de soporte **24** de manera que las cajas adyacentes **22** no estén en contacto entre sí. Esto permite flexibilidad en términos de porosidad y/o tortuosidad. Más allá del espacio, los miembros de soporte **24** permiten que las hileras de cajas **22** estén dispuestas ya sea en un área cuadrada o triangular.

La figura 5 muestra, en una vista en planta superior, una disposición diferente para proporcionar una capa **220** para un dispositivo **10** como en la figura 1. En esta situación, la capa **220** comprende cajas **260** que son elementos lineales formados de manera de un octaedro totalmente truncado, con cajas adyacentes **260** unidas a lo largo de bordes adyacentes que definen el ecuador de la caja con referencia a la cara cuadrada superior **262**. De nuevo, la ilustración es solo una sección de la capa, pero ilustra cómo la capa puede ser totalmente construida en una lámina esencialmente plana que puede ser contenida con un miembro periférico. Esta capa **220** puede unirse de manera directa a una capa adyacente **220** por encima o por debajo de esta al unir las caras cuadradas **262**, o las capas pueden estar espaciadas, como en la figura 1, por miembros espaciadores.

Al dirigir la atención a la figura 6, una manera adicional de disponer las cajas **260** se muestra en una vista en perspectiva. En lugar de una unión de "borde a borde" estas cajas **260** están unidas de "cara a cara", utilizando un par de caras cuadradas enfrentadas **262**. Esto proporciona otra realización **320** de una capa, que es, para facilidad de comprensión, presentada solo en una pequeña sección.

En algunas situaciones, puede ser ventajoso cambiar el diámetro de los segmentos lineales de polímero o cerámica que son utilizados para construir las cajas, para variar la porosidad del filtro que es ensamblado.

Una vez que se ha determinado una estructura básica para un filtro, un modelo por ordenador puede ser escrito que permita la construcción de la plantilla que utiliza una técnica y un dispositivo de impresión tridimensional.

REIVINDICACIONES

1. Un precursor (10) para un dispositivo de filtración, que comprende:
 - 5 al menos dos capas (20) del elemento de filtro, cada capa (20) del elemento de filtro comprende una pluralidad de cajas geométricas tridimensionales (22) unidas en relación fija la una con la otra, en donde cada capa (20) comprende además un miembro periférico (26) que abarca la capa; y una pluralidad de miembros espaciadores (28) que se extienden entre los miembros periféricos de un par de capas adyacentes, manteniendo las capas en relación espaciada fija.
 - 10 2. El precursor de filtro (10) según la reivindicación 1, en donde una pluralidad de las cajas geométricas tridimensionales (22) de un par de capas adyacentes están unidas en relación fija las unas con las otras, manteniendo las capas en una relación espaciada fija.
 - 15 3. El precursor de filtro (10) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada una de las cajas geométricas tridimensionales comprende una pluralidad de segmentos lineales de un material unidos entre sí en la forma de un sólido geométrico, de manera que cada segmento lineal representa un borde del sólido geométrico.
 - 20 4. El precursor de filtro (10) según la reivindicación 3, en donde cada una de las cajas geométricas tridimensionales comprende veinte segmentos lineales de un material dispuesto en la forma de un octaedro parcialmente truncado que tiene una cara superior e inferior cuadradas y ocho caras trapezoidales, definiendo los bordes más largos de las caras trapezoidales un ecuador entre las caras superior e inferior cuadradas y teniendo el ecuador cuatro bordes y cuatro vértices.
 - 25 5. El precursor de filtro (10) según la reivindicación 4, que comprende además una pluralidad de miembros de soporte lineal (24), dispuestos en una relación paralela a través de la capa y subdividiendo la capa en una pluralidad de hileras; de manera que, entre cada par de miembros de soporte lineal adyacentes, una pluralidad de cajas que tienen la forma de un octaedro parcialmente truncado en cada hilera, están unidas por el ecuador a cada uno de los miembros de soporte lineales que definen la hilera.
 - 30 6. El precursor de filtro según la reivindicación 5, en donde las cajas que tienen la forma de un octaedro parcialmente truncado dispuestas a lo largo de cada hilera están en una relación espaciada de cada una de las cajas adyacentes.
 - 35 7. El precursor de filtro según la reivindicación 5, en donde las cajas que tienen la forma de un octaedro parcialmente truncado dispuestas a lo largo de cada hilera están unidas a cada una de las cajas adyacentes a las mismas.
 - 40 8. El precursor de filtro según la reivindicación 3, en donde cada una de las cajas geométricas tridimensionales comprende treinta y seis segmentos lineales de un material dispuesto en la forma de un octaedro totalmente truncado que tiene seis caras cuadradas y ocho caras hexagonales.
 - 45 9. El precursor de filtro según la reivindicación 8, en donde cada una de las cajas de octaedro totalmente truncadas están unidas a las cajas de octaedro totalmente truncadas adyacentes de una manera de borde a borde.
 - 50 10. El precursor de filtro según la reivindicación 8, en donde cada una de las cajas de octaedro totalmente truncadas están unidas a las cajas de octaedro totalmente truncadas adyacentes de una manera de cara a cara, basado en las caras cuadradas de las respectivas cajas.
 - 55 11. El precursor de filtro según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, en donde el material es un polímero termoplástico adecuado para extrusión a través de un cabezal de impresión de una impresora tridimensional.
 - 60 12. El precursor de filtro según cualquiera de las reivindicaciones 4 a 10, en donde el material es una cerámica en una forma lechada adecuada para extrusión a través de un cabezal de impresión de una impresora tridimensional.
 - 65 13. El precursor de filtro según la reivindicación 11, en donde el polímero es un polímero de acrilonitrilo butadieno estireno (ABS).
 14. Un filtro para filtrar un metal fundido que comprende: un precursor de filtro de acuerdo con la reivindicación 1 que ha sido recubierto con una lechada de cerámica y calcinado.
 15. Un método para fabricar un filtro (110) para filtrar un metal fundido, que comprende los pasos de:
 - generar, en un dispositivo informático, un modelo tridimensional de un precursor de filtro de acuerdo con la reivindicación 1 e implementar el modelo tridimensional como una instrucción indicada en una impresora tridimensional; construir, mediante el uso de la impresora tridimensional, el precursor de filtro (10) depositando un material en una capa mediante un proceso de capas de acuerdo con la instrucción indicada; recubrir el precursor de filtro construido con una lechada de cerámica; y calcinar el precursor de filtro recubierto.

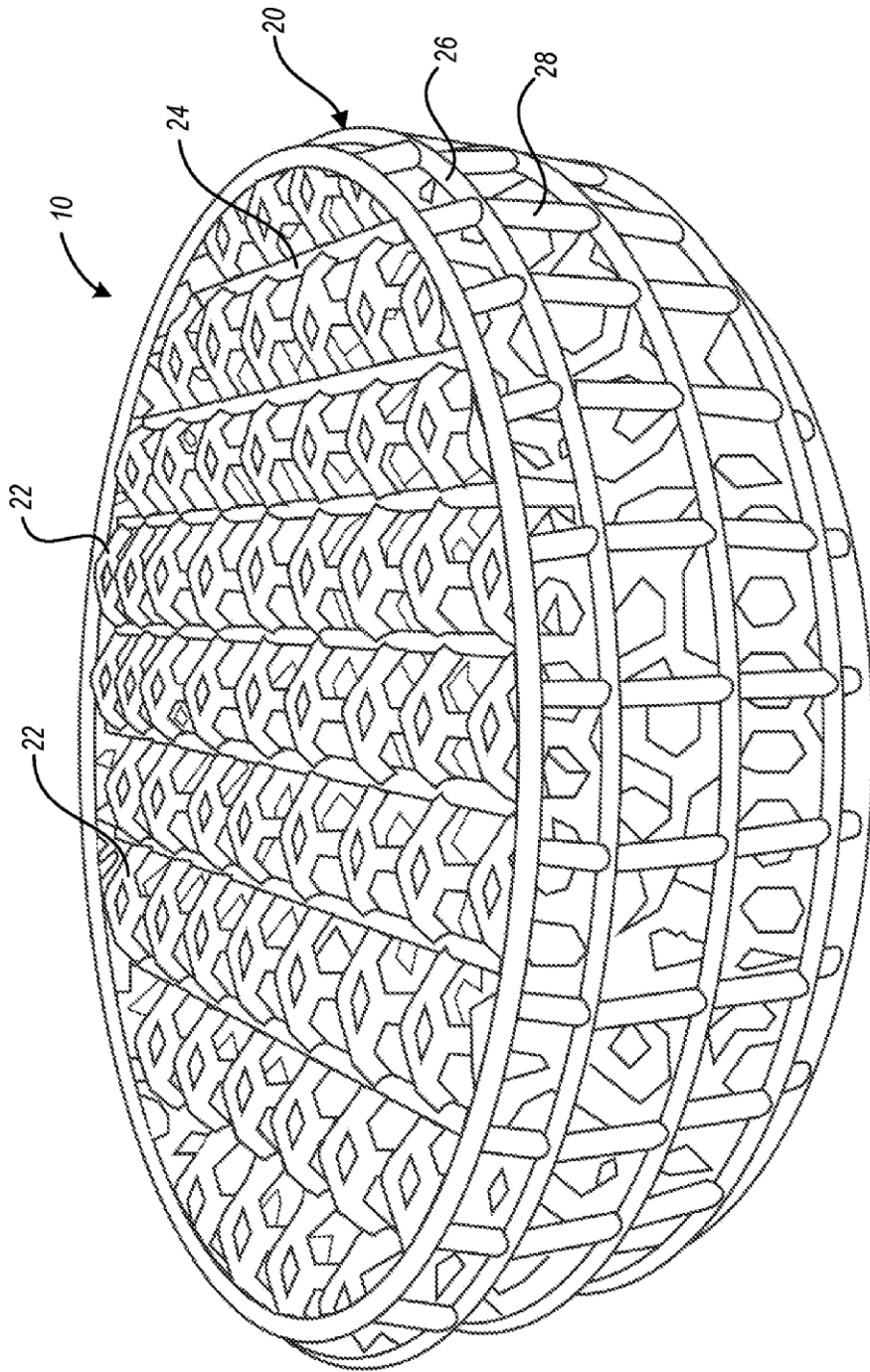


Fig. 1

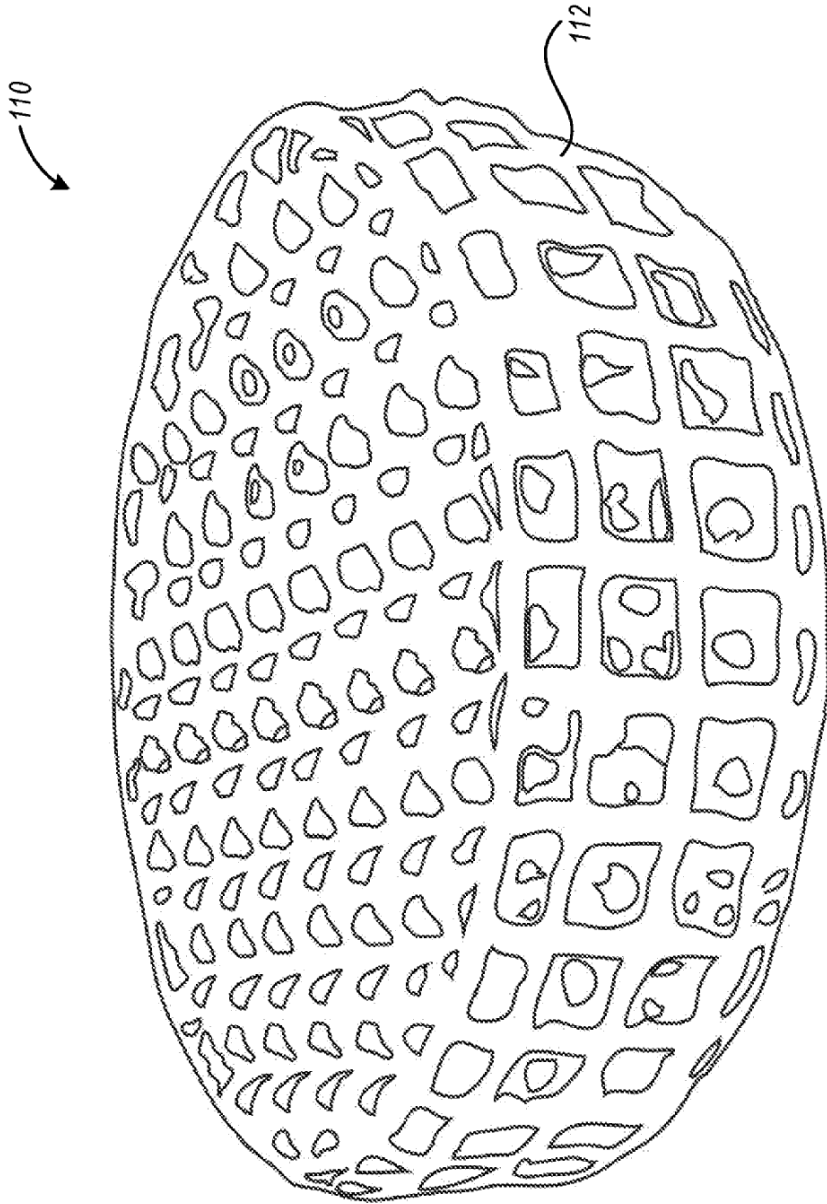


Fig. 2

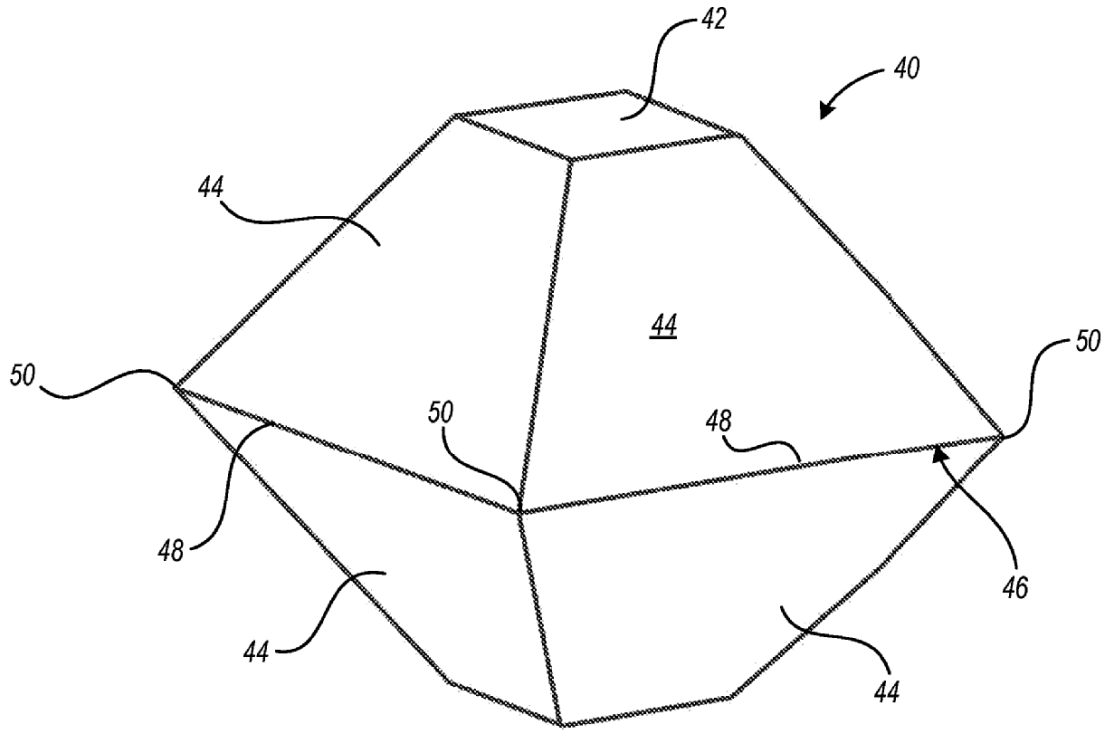


Fig. 3A

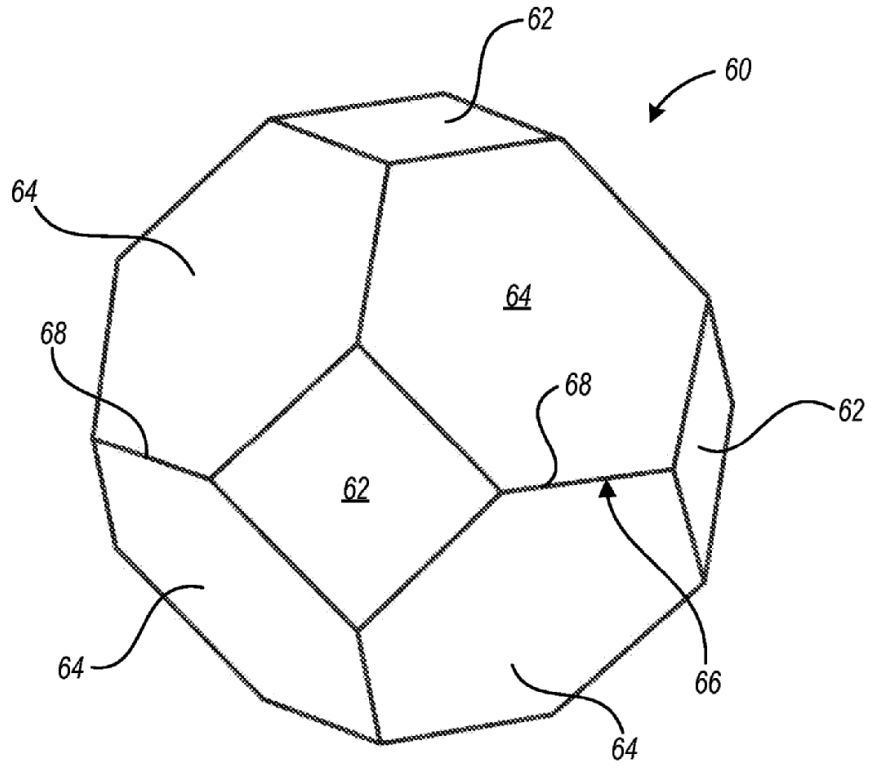


Fig. 3B

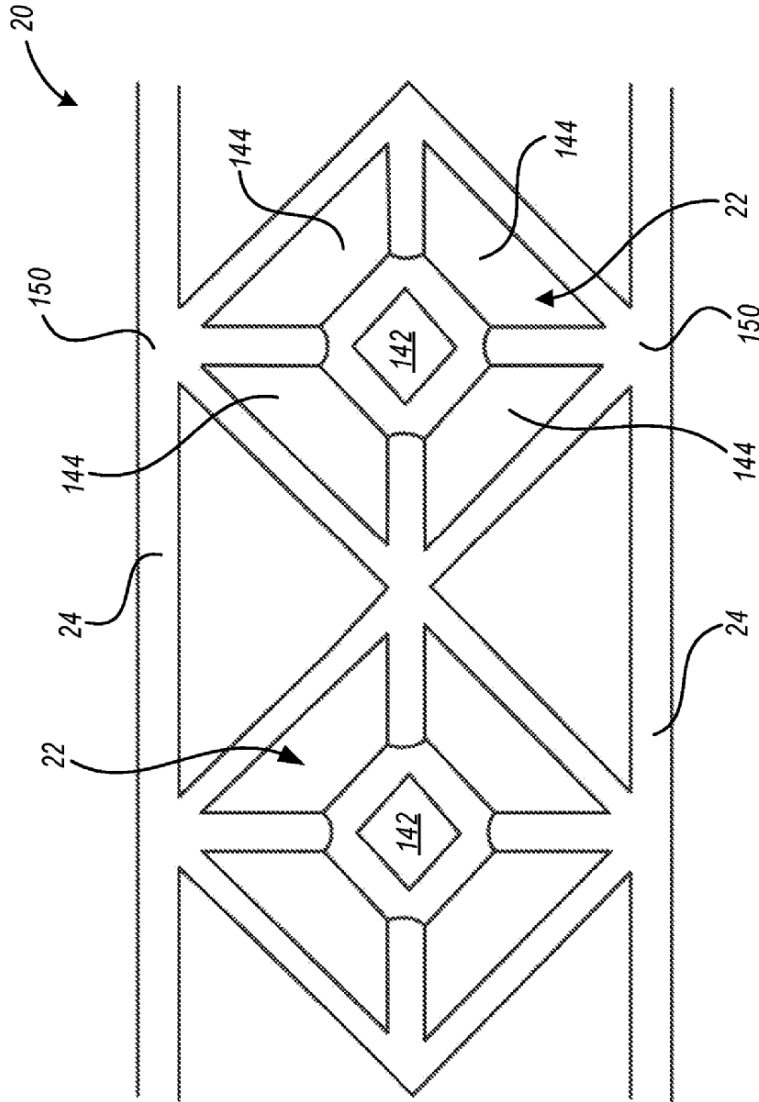


Fig.4

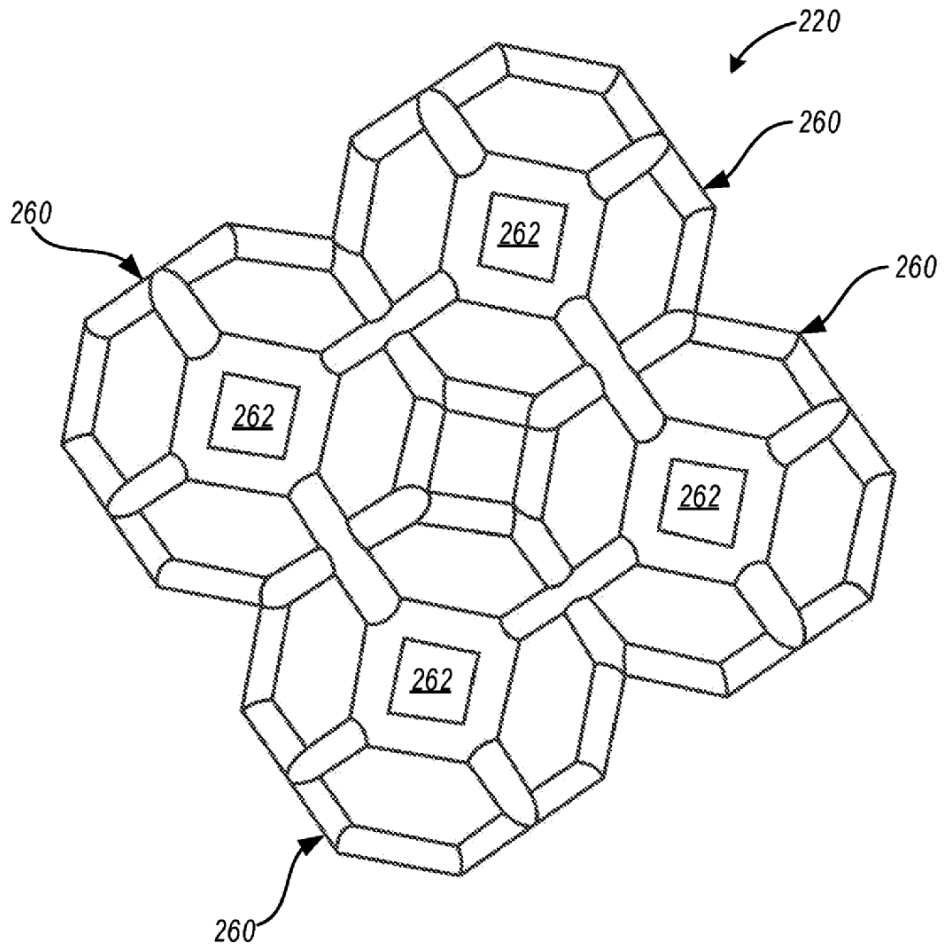


Fig. 5

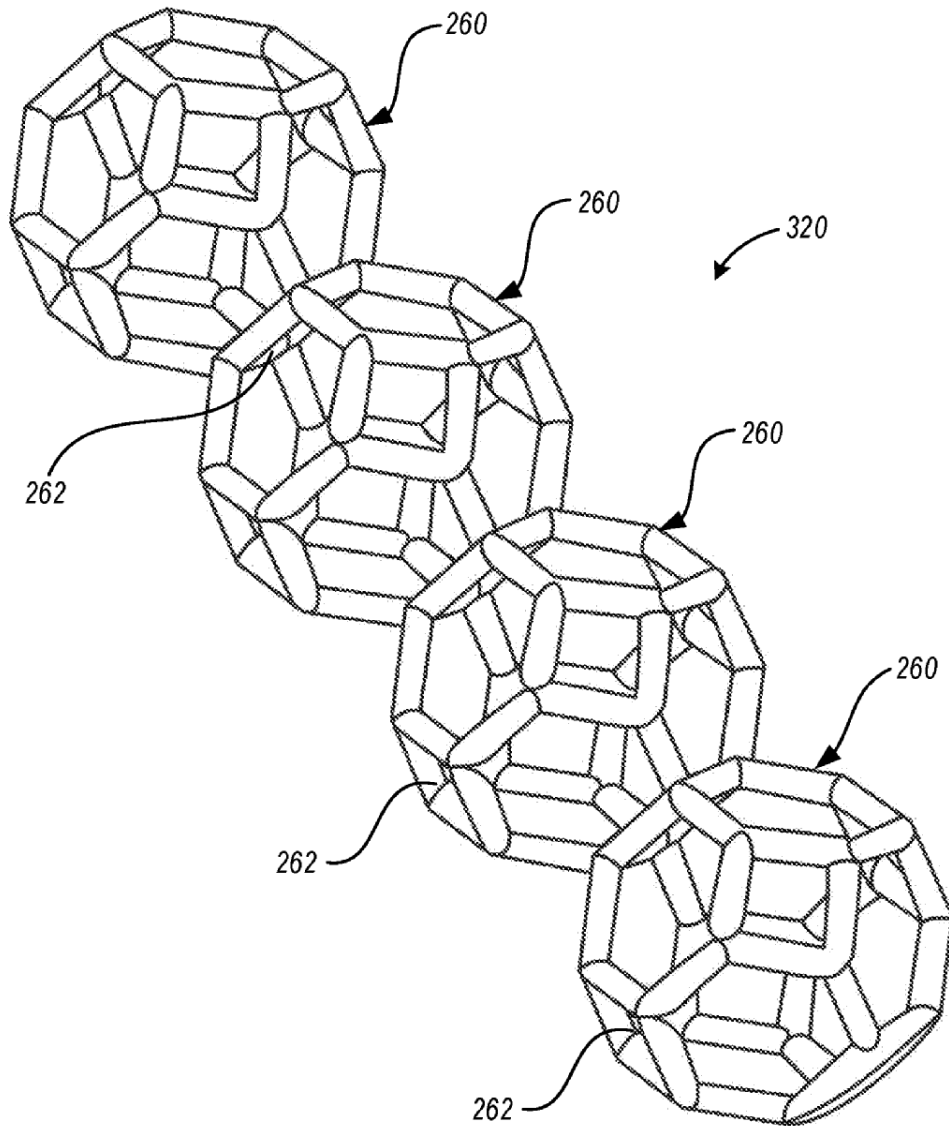


Fig. 6