

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 722 106**

51 Int. Cl.:

G06F 17/50 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 40/00 (2015.01)

B29C 64/386 (2007.01)

B29C 64/40 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.03.2015 PCT/IB2015/052139**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15145346**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.03.2015 E 15720427 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3122541**

54 Título: **Método y equipo para definir una estructura de soporte para un objeto tridimensional que se ha de producir mediante estereolitografía**

30 Prioridad:

25.03.2014 IT VI20140074

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

07.08.2019

73 Titular/es:

**DWS S.R.L. (100.0%)
Via Della Meccanica, 21
36016 Thiene (VI), IT**

72 Inventor/es:

MAROZIN, ALESSANDRO

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 722 106 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

Método y equipo para definir una estructura de soporte para un objeto tridimensional que se ha de producir mediante estereolitografía

5 La presente invención se refiere a un método y un equipo para definir una estructura de soporte para un objeto tridimensional que se ha de producir mediante estereolitografía.

Como se sabe, un proceso de estereolitografía consiste en hacer un objeto tridimensional a través de la superposición secuencial de una pluralidad de capas del objeto en sí.

10 Cada capa del objeto se obtiene a través de la solidificación de un material en estado líquido o en pasta, que se produce a través de una exposición selectiva a radiación luminosa. Típicamente, el material es un compuesto a base de plástico que se polimeriza cuando es alcanzado por dicha radiación luminosa.

La solidificación de cada capa sucesiva del objeto tiene lugar en contacto con la capa solidificada anterior, que sirve de soporte para la capa sucesiva.

El proceso está controlado por un ordenador, al que se suministra un primer conjunto de datos representativos de la geometría tridimensional del objeto que se ha de producir.

15 El ordenador determina la geometría de las diferentes capas del objeto y, en consecuencia, controla un dispositivo de estereolitografía.

Generalmente, según el proceso, también se agrega una estructura de soporte al objeto tridimensional antes de su producción real, solidificándose dicha estructura de soporte al mismo tiempo que el objeto durante el proceso de estereolitografía.

20 Dicha estructura de soporte soporta las partes de las capas que se han de solidificar que, al no estar soportadas directamente por las capas ya solidificadas, pueden hundirse o deformarse permanentemente durante el proceso de producción del objeto. La definición de la estructura de soporte se realiza mediante dicho ordenador, en el que se carga un programa que agrega los elementos de la estructura de soporte de forma más o menos automática y genera un segundo conjunto de datos representativos de la geometría tridimensional resultante de la unión del objeto
25 tridimensional con la propia estructura de soporte.

Dicho segundo conjunto de datos se utiliza entonces para definir la geometría de las capas del objeto tridimensional.

La estructura de soporte comprende una pluralidad de elementos de soporte que conectan una o más superficies que han de ser soportadas del objeto tridimensional a unas superficies correspondientes que miran hacia las primeras y están destinadas a ser producidas antes de las mismas durante el proceso de estereolitografía.

30 La solicitud europea EP 1120228 A2 describe un método para crear la estructura de soporte anterior.

De acuerdo con una variante de la estructura de soporte, también se proporcionan elementos de refuerzo que conectan dichos elementos de soporte entre sí.

Los elementos de refuerzo hacen que la estructura de soporte sea más robusta y, por lo tanto, reducen el riesgo de hundimiento del objeto tridimensional durante la etapa de producción.

35 De acuerdo con un método conocido para definir la estructura de soporte sobre la base de dicha variante, la estructura de soporte se define como una rejilla tridimensional que tiene una forma predefinida y es sustancialmente independiente de la geometría del objeto tridimensional.

Sucesivamente, los elementos de la rejilla que cortarían el objeto tridimensional se eliminan, manteniendo solo los elementos de la rejilla que se encuentran fuera del objeto en sí.

40 Lo que queda de la rejilla se conecta al objeto tridimensional a través de elementos de conexión adicionales, de tal manera que se obtiene un solo objeto.

Dicho método conocido plantea el inconveniente de que no permite definir la estructura de soporte de una manera óptima.

45 De hecho, dado que la rejilla de la estructura de soporte se define de una manera que es sustancialmente independiente del objeto tridimensional, la estructura puede ser de tamaño insuficiente o, viceversa, estar sobredimensionada con respecto a las necesidades estructurales del objeto en sí.

Una estructura de soporte de tamaño insuficiente plantea el inconveniente de que su volumen total no es suficiente para cumplir adecuadamente la función de soporte del objeto tridimensional.

Por el contrario, una estructura de soporte sobredimensionada tiene un volumen total excesivamente grande.

- 5 Dado que el tiempo requerido por el proceso de estereolitografía aumenta proporcionalmente al volumen que se ha de solidificar, una estructura de soporte sobredimensionada afecta negativamente al tiempo total requerido para producir el objeto tridimensional. Además, cuanto mayor sea el volumen de la estructura de soporte, mayor será la cantidad de material necesario para su producción, con el inconveniente de aumentar el coste total del objeto tridimensional.
- Una estructura de soporte sobredimensionada también puede resultar de una rejilla excesivamente gruesa, con el inconveniente adicional de obstaculizar la realización de las operaciones de limpieza en el objeto tridimensional al final del proceso de estereolitografía.
- 10 De hecho, se sabe que un objeto obtenido a través de la estereolitografía se lava al final del proceso de estereolitografía, de tal manera que se eliminen los residuos de material no solidificado.
- Dicha operación de lavado se realiza antes de separar la estructura de soporte del objeto tridimensional.
- Por lo tanto, la estructura de soporte obstaculiza el flujo de líquido de lavado en algunas superficies del objeto tridimensional, y cuanto más gruesa es la rejilla que define la estructura, más considerable es este efecto obstaculizador.
- 15 Pu Huang, en "Algorithm for Layered Manufacturing in Image Space - Master Thesis", publicado en octubre de 2012 por la Universidad China de Hong Kong, describe un algoritmo para construir una estructura de soporte, implicando el algoritmo la definición de un grafo cuyos nodos corresponden a los anclajes de la estructura, utilizándose el grafo para definir las conexiones entre los anclajes.
- 20 La presente invención pretende superar todos los inconvenientes mencionados anteriormente relacionados con las estructuras de soporte de tipo conocido.
- En particular, el objetivo de la presente invención es proporcionar una estructura de soporte para un objeto tridimensional que se haya de producir a través de estereolitografía que tenga una resistencia adecuada, pero que tenga un volumen total más pequeño en comparación con el que se puede obtener con los métodos de tipo conocido descritos anteriormente.
- 25 Dicho objetivo se logra a través de un método para definir una estructura de soporte según la reivindicación 1.
- Dicho objetivo también se logra a través de un equipo para definir dicha estructura de soporte según la reivindicación 13.
- Dicho objetivo se logra también a través de un producto de programa informático según la reivindicación 14.
- 30 Ventajosamente, la posibilidad de producir una estructura de soporte específica para cada objeto tridimensional asegura que la estructura de soporte sea adecuada para las necesidades estructurales del objeto.
- Además, ventajosamente, esto también evita que dicha estructura de soporte se sobredimensione, limitando así el volumen de la propia estructura.
- El volumen reducido de la estructura de soporte conduce ventajosamente a una reducción tanto en el tiempo total requerido para hacer el objeto tridimensional por medio del proceso de estereolitografía como en la cantidad de material necesario para el procesamiento, y por lo tanto en el coste del objeto en sí. Además, ventajosamente, el menor volumen de la estructura de soporte facilita el lavado del objeto tridimensional una vez que se ha completado éste.
- 35 Dichos objetos y ventajas, junto con otros que se resaltan a continuación, se ilustrarán en las descripciones de algunas realizaciones preferidas de la invención que se proporcionan a modo de ejemplos no limitativos con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:
- 40 - la Figura 1 muestra una vista axonométrica de un ejemplo de objeto tridimensional que se ha de producir a través de estereolitografía;
- la Figura 2 muestra un objeto obtenido al unir el objeto tridimensional de la Figura 1 y una parte de la estructura de soporte según la invención;
- 45 - la Figura 3 muestra un objeto obtenido al unir el objeto tridimensional de la Figura 1 y la estructura de soporte según la invención;
- la Figura 4 muestra un diagrama de los enlaces entre los elementos de la estructura de soporte de la Figura 3, en una vista en planta;
- 50 - la Figura 5 muestra un diagrama de los enlaces relacionados con una variante de la estructura de soporte de la Figura 3, en una vista en planta;

- la Figura 6 muestra una variante de la estructura de soporte de la Figura 3;
- la Figura 7 muestra una variante de la estructura de soporte de la Figura 6.

5 El método de la invención para definir una estructura de soporte para un objeto tridimensional que se ha de producir a través de estereolitografía se describe con referencia al objeto tridimensional representado en la Figura 1 e indicado en la misma con **1**.

Cabe señalar desde ahora que el objeto tridimensional **1** se ha representado a propósito con una geometría muy simplificada en comparación con los objetos que comúnmente se producen a través de estereolitografía, para hacer más claros los dibujos.

10 Sin embargo, es evidente que la descripción proporcionada anteriormente se puede aplicar de manera análoga a un objeto tridimensional con cualquier geometría.

En primer lugar, el método incluye la etapa de definir una primera superficie **3** que se ha de soportar, perteneciente al objeto tridimensional **1**.

Obviamente es posible definir una pluralidad de dichas primeras superficies que han de ser soportadas dependiendo de la geometría del objeto, el material utilizado para el proceso de estereolitografía y otros parámetros, si es necesario.

15 Obviamente, el método de la invención se puede aplicar a cada una de dichas primeras superficies.

Según el método, para cada primera superficie **3** se define una segunda superficie **4**, que mira hacia la primera.

La segunda superficie **4** puede estar separada del objeto tridimensional **1**, como en el caso mostrado en las figuras.

Como alternativa, la segunda superficie **4** puede pertenecer al objeto tridimensional **1**.

20 La primera opción es adecuada para una primera superficie **3** destinada a estar dispuesta de modo que mire hacia la placa de modelado que soporta el objeto tridimensional **1** durante su producción, sin necesidad de interponer otras partes del objeto en sí.

En particular, la segunda superficie **4** se puede definir de tal manera que durante la producción real del objeto tridimensional coincida con la superficie de dicha placa de modelado.

Este último caso es el ilustrado en las Figuras 2 y 3, en las que dicha segunda superficie **4** está rayada.

25 De acuerdo con la variante de realización mostrada en la Figura 6, la segunda superficie **4** pertenece a una base **11** de soporte destinada a estar dispuesta en contacto con dicha placa de modelado. Esta variante se describe posteriormente con mayor detalle.

Cuando, en cambio, la primera superficie **3** está dispuesta en una cavidad del objeto tridimensional **1** o, en cualquier caso, mira hacia otra superficie del objeto en sí, la segunda superficie **4** preferiblemente pertenece al objeto.

30 En este último caso, la segunda superficie **4** es preferiblemente la superficie del objeto tridimensional **1** que mira directamente hacia la primera superficie **3**, por ejemplo la superficie de dicha cavidad que está enfrente de la primera superficie **3**.

Obviamente, en un solo objeto tridimensional **1** puede haber una combinación de los casos descritos anteriormente.

35 Una vez que se han definido la primera superficie **3** y la segunda superficie **4**, el método incluye la etapa de definir una pluralidad de elementos **5** de soporte de forma alargada, que se extienden desde la primera superficie **3** hasta la segunda superficie **4**, como se muestra en la Figura 2.

Análogamente a lo que ya se ha comentado, debe señalarse que los elementos **5** de soporte mostrados en la Figura 2 se han representado deliberadamente en un número reducido para simplificar la representación.

40 Sin embargo, es evidente que, en general, el número de elementos de soporte será mayor que el que se muestra en las figuras y dependerá de la geometría del objeto y de otros parámetros.

En general, el número de elementos de soporte será mayor de dos y en la mayoría de los casos mayor de tres.

A pesar de lo anterior, el método descrito en la presente memoria puede aplicarse en cualquier caso, independientemente del número de elementos de soporte provistos. Preferiblemente, pero no necesariamente, dichos elementos **5** de soporte tienen forma cónica o cilíndrica, pero obviamente también pueden tener otras formas.

45 Los elementos **5** de soporte también pueden estar provistos de ramas en uno o ambos extremos, de tal manera que se conecten a la superficie correspondiente en varios puntos. Este tipo de bifurcación no está representado en las figuras, pero es conocido *per se*.

Preferiblemente, cada elemento **5** de soporte tiene una parte más delgada ubicada al nivel de la primera superficie **3** y/o de la segunda superficie **4**, no representada en las figuras, pero conocida *per se*.

5 Dicha parte más delgada ofrece la ventaja de favorecer el desprendimiento del elemento **5** de soporte de las superficies **3** y/o **4** una vez que se ha completado el proceso de estereolitografía durante el cual se produce realmente el objeto tridimensional **1**.

El método también incluye la operación de definir, para cada par de elementos **5** de soporte, uno o más elementos **6** de refuerzo de forma alargada, preferiblemente cónica o cilíndrica, que conectan los dos elementos **5** de soporte de dicho par, como se muestra en la Figura 3.

10 Ventajosamente, dichos elementos **6** de refuerzo permiten aumentar la resistencia de la estructura **2** de soporte manteniendo el mismo volumen total de esta última o, como alternativa, reducir el volumen de la estructura **2** de soporte mientras se asegura el mismo grado de resistencia.

Según la invención, los pares de elementos **5** de soporte que se han de conectar a dichos elementos **6** de refuerzo se seleccionan con la ayuda de la conocida teoría de grafos.

15 En particular, el método incluye la operación de definir un punto **7** de referencia perteneciente a cada elemento **5** de soporte.

Luego se genera un grafo acíclico conectado cuyos vértices son los puntos **7** de referencia.

20 Como se sabe, un grafo es una construcción matemática que consiste en un par de conjuntos V y E, en donde los elementos del primer conjunto V son puntos en el espacio, llamados "vértices", mientras que los elementos del segundo conjunto E representan un número correspondiente de enlaces entre pares de vértices, que se denominan "aristas".

Por lo tanto, en notación matemática, un grafo G se expresa con la siguiente relación

$$G = (V, E).$$

Desde un punto de vista formal, una arista que conecta dos vértices genéricos u y v está representada por el par (u, v) de los propios vértices.

25 Claramente, dado un conjunto de vértices V, hay una infinidad de grafos posibles que comprenden dicho conjunto V, que se diferencian unos de otros por el conjunto de aristas E. El requisito de que el grafo sea un grafo acíclico conectado limita dichos grafos a un número finito.

En particular, el requisito de que el grafo esté conectado implica que para dos vértices cualesquiera del grafo haya una sucesión de aristas que los conectan.

30 El requisito de que el grafo sea acíclico implica que dos vértices cualesquiera estén conectados a través de una y solo una sucesión de aristas.

En la teoría de grafos, un grafo acíclico conectado del tipo mencionado anteriormente también se denomina "árbol".

Ventajosamente, los grafos acíclicos conectados correspondientes a un conjunto dado de vértices pueden identificarse a través de algoritmos adecuados que son conocidos *per se*.

35 La Figura 4 muestra una vista en planta esquemática de un grafo acíclico conectado **8** cuyos vértices son los puntos **7** de referencia, que obviamente es solo uno de los posibles grafos que tienen dichas propiedades.

En particular, cada arista **9** del grafo **8** está representada en la Figura 4 por un segmento discontinuo que se extiende entre los respectivos puntos **7** de referencia. De acuerdo con el método de la invención, los pares de elementos **5** de soporte que se han de conectar se identifican mediante dicho grafo acíclico conectado **8**.

40 En particular, por cada arista **9** del grafo **8** se define un par que comprende los dos elementos **5** de soporte correspondientes a los extremos de la arista **9** misma.

Al definir los pares de elementos **5** de soporte de la manera descrita anteriormente, es posible lograr el propósito de limitar el volumen de la estructura **2** de soporte con respecto a los que se pueden obtener con los métodos conocidos.

45 De hecho, como se sabe por la teoría de grafos, los grafos acíclicos conectados son aquellos que, entre todos los grafos que pueden definirse en los mismos vértices, tienen el menor número de aristas, manteniendo al mismo tiempo todos los vértices conectados entre sí.

En particular, el número de aristas de un grafo acíclico conectado es igual al número de vértices menos uno.

- Por lo tanto, para un número dado de elementos **6** de refuerzo entre cada par de elementos **5** de soporte, la definición de los pares de elementos **5** de soporte como se ha descrito anteriormente hace posible limitar el número de enlaces entre dichos elementos de soporte y, por lo tanto, el número de elementos **6** de refuerzo, manteniendo al mismo tiempo todos los elementos **5** de soporte conectados entre sí para obtener una estructura **2** de soporte estable.
- 5 Ventajosamente, utilizar la teoría de grafos para definir los pares de elementos **5** de refuerzo hace posible utilizar dichos algoritmos conocidos para generar un grafo acíclico conectado **8**.
- Preferiblemente, para uno o más pares de elementos **5** de soporte se define una pluralidad de elementos **6** de refuerzo distintos, que se muestran a título indicativo en la Figura 3.
- 10 Ventajosamente, la presencia de varios elementos **6** de refuerzo para un par de elementos **5** de soporte hace posible obtener una conexión más estable entre los elementos **5** de soporte, especialmente cuando éstos son particularmente largos.
- En consecuencia, ventajosamente, también la estructura **2** de soporte es más estable. Obviamente, en variantes de realización de la invención, el número de elementos **6** de refuerzo que conectan un par dado de elementos **5** de soporte puede ser cualquiera y, además, puede variar en los diferentes pares de elementos **5** de soporte. Preferiblemente, pero no necesariamente, los elementos **6** de refuerzo que conectan cada par de elementos **5** de soporte están dispuestos de acuerdo con direcciones mutuamente incidentes, de manera que definen una especie de celosía, lo que aumenta aún más la estabilidad de la conexión.
- 15 Preferiblemente, dicho grafo acíclico conectado **8** se define de tal manera que coincide con el árbol de expansión mínimo de un grafo completo que tiene los mismos vértices que el grafo acíclico conectado **8** y en el que cada arista está asociada con un peso correspondiente a la distancia entre los extremos de la arista misma.
- 20 Más precisamente, se sabe que un grafo completo es un grafo en el que cualquier par de vértices está conectado por al menos una arista.
- Como también se sabe, el árbol de expansión mínimo de un grafo sólo se puede definir después de asignar un peso a cada arista del grafo mismo, dado que se define como el subconjunto específico del grafo para el cual la suma de dichos pesos es mínima.
- 25 En particular, si los pesos se seleccionan de tal manera que representen las longitudes de los aristas como se ha descrito anteriormente, el árbol de expansión mínimo corresponde al árbol cuyas aristas tienen la longitud total mínima. Por lo tanto, el criterio que se acaba de describir para definir los pares de elementos **5** de soporte permite obtener una estructura **2** de soporte en la que los elementos **6** de refuerzo se extienden sobre el camino más corto posible.
- 30 En consecuencia, ventajosamente, es posible minimizar el volumen de la estructura **2** de soporte manteniendo al mismo tiempo el mismo número de elementos **6** de refuerzo entre cada par de elementos **5** de soporte.
- Ventajosamente, dicho árbol de expansión mínimo se puede definir utilizando algoritmos matemáticos conocidos en la teoría de grafos.
- 35 De acuerdo con variantes de construcción de la invención, dichos pesos pueden definirse de una manera diferente a la que se ha descrito anteriormente.
- Por ejemplo, puede ser apropiado conectar uno o más pares de elementos **5** de soporte con elementos de refuerzo desarrollados según trayectorias curvas y/o líneas quebradas. En este caso se asignan a las aristas pesos correspondientes iguales a las longitudes de las trayectorias correspondientes. De acuerdo con una variante de construcción de la invención, se define un par adicional de elementos **5** de soporte al nivel de cada vértice que tiene el grado 1 del grafo acíclico conectado **8**.
- 40 En particular, dicho par adicional comprende un primer elemento **5** de soporte correspondiente a dicho vértice que tiene el grado 1 y un segundo elemento **5** de soporte correspondiente a un vértice del grafo **8** no conectado al primer vértice.
- 45 Como se sabe, un vértice que tiene el grado 1 se define como un vértice que aparece en sólo una arista del grafo, es decir un vértice conectado a un y sólo un vértice del grafo.
- Por lo tanto, se puede entender que la definición del par adicional descrito anteriormente implica ventajosamente que cualquier elemento **5** de soporte esté conectado al menos a otros dos elementos **5** de soporte, con la ventaja de aumentar la resistencia estructural total de la estructura **2** de soporte. A título indicativo está representado en la Figura 5 un posible par adicional, que se indica en la misma mediante el número de referencia **10**.
- 50 Preferiblemente, dicho par adicional se define de tal manera que la distancia entre los vértices correspondientes del grafo acíclico conectado **8** sea la distancia mínima posible.
- Ventajosamente, la condición que se acaba de describir hace posible limitar al mínimo la longitud de los elementos **6** de refuerzo utilizados para conectar dichos pares adicionales de elementos **5** de soporte.

Preferiblemente, los pares adicionales se definen entre dos elementos **5** de soporte correspondientes ambos a vértices de grado 1, de manera tal que se minimice el número de pares adicionales introducidos.

Como ya se ha mencionado, la Figura 6 representa una variante de construcción de la invención en la que la segunda superficie **4** está separada del objeto tridimensional **1**.

5 En particular, todos los elementos **6** de refuerzo se encuentran en dicha segunda superficie **4** y, por lo tanto, conectan los extremos de los elementos **5** de soporte.

Dicha configuración es tal que los elementos **6** de refuerzo definen una base **11** de soporte adecuada para disponerla en contacto con la placa de modelado de la máquina de estereolitografía con el fin de soportar el objeto tridimensional **1**. Ventajosamente, una base **11** de soporte conformada como se ha descrito anteriormente tiene un volumen mucho menor que las bases de soporte que normalmente se proporcionan, que se extienden también sobre áreas que no están afectadas por la presencia de los elementos **5** de soporte.

10

Preferiblemente, la segunda superficie **4** es plana, por lo que dicha base **11** de soporte se puede adaptar a una placa de modelado provista de una superficie plana, que corresponde al tipo de placa de modelado comúnmente utilizada.

15 La base **11** de soporte representada en la Figura 6 está definida por elementos **6** de refuerzo que se extienden entre los elementos **5** de soporte de acuerdo con los mismos enlaces que los representados en la Figura 4.

La Figura 7 representa una variante de construcción adicional de la invención, en la que la base **11** de soporte tiene los mismos enlaces que los mostrados en la Figura 5.

Esta variante difiere de la que se muestra en la Figura 6 debido a la presencia de un enlace adicional entre los elementos **5** de soporte, que corresponde al indicado con el número de referencia **10** en la Figura 5.

20 De acuerdo con lo anterior, se puede entender que los grafos que se pueden obtener con el método de acuerdo con las diversas variantes descritas anteriormente se pueden usar para hacer tanto una estructura **2** de soporte con una configuración de tipo celosía, del tipo que se muestra en la Figura 3, como una base **11** de soporte del tipo mostrado en las Figuras 6 y 7.

25 Obviamente, en variantes de realización de la invención la estructura **2** de soporte puede estar provista de ambos tipos de elementos **6** de refuerzo, no necesariamente basados en los mismos pares de elementos **5** de soporte.

Respecto a la definición de los puntos **7** de referencia, ésta se lleva a cabo preferiblemente a través de la definición de una superficie de referencia preferiblemente plana que corte todos los elementos **5** de soporte.

Cada punto **7** de referencia se define de tal manera que pertenezca al área de intersección entre el elemento **5** de soporte correspondiente y la superficie de referencia.

30 Preferiblemente, la superficie de referencia se define de tal manera que pase a través de los elementos **5** de soporte a la altura de los respectivos puntos medios.

De acuerdo con una variante de realización, la superficie de referencia se define de tal manera que coincida con la primera superficie **3** o con la segunda superficie **4**.

35 Una variante de construcción adicional incluye la definición de una superficie de referencia de la manera descrita anteriormente y luego la definición de un punto de soporte que pertenezca al área de intersección entre cada elemento **5** de soporte y la superficie de referencia.

Cada uno de dichos puntos de soporte se proyecta sobre una superficie de proyección predefinida, preferiblemente plana, de tal manera que se obtenga un punto **7** de referencia correspondiente.

La superficie de proyección puede coincidir con la primera superficie **3** o con la segunda superficie **4**.

40 El método descrito anteriormente se puede aplicar también a varios grupos de elementos **5** de soporte en donde los elementos **6** de refuerzo conecten los elementos **5** de soporte dentro de cada grupo, pero no conecten los grupos entre sí.

En este caso, el método se aplica por separado a cada grupo de elementos **5** de soporte para generar los respectivos grafos acíclicos conectados **8**.

45 Esta variante se puede aplicar ventajosamente al caso en el que hay grupos de elementos **5** de soporte relativamente cerca unos de otros, pero al mismo tiempo lejos de los otros elementos **5** de soporte, dado que esto evita la presencia de elementos **6** de refuerzo excesivamente largos, sin necesidad de descuidar la estabilidad interna de cada grupo.

50 El método descrito hasta ahora se implementa preferiblemente por medio de un equipo que comprende un ordenador, no representado en las figuras pero conocido *per se*, provisto de una unidad de procesamiento y un soporte de memoria al que puede acceder dicha unidad de procesamiento.

Dicho equipo comprende medios para adquirir un primer conjunto de datos representativos de la geometría del objeto tridimensional **1** y para cargarlo en dicho soporte de memoria.

El equipo comprende además medios para definir la primera superficie **3** que ha de ser soportada y medios para definir la segunda superficie **4** respectiva.

- 5 El equipo comprende además medios para definir los elementos **5** de soporte, medios para definir los pares de elementos **5** de soporte y medios para definir los elementos **6** de refuerzo entre dichos pares.

El equipo también comprende medios para generar un segundo conjunto de datos representativos de la geometría resultante de la unión de los elementos **5** de soporte y los elementos **6** de refuerzo con el objeto tridimensional **1** y para cargar dicho segundo conjunto de datos en el soporte de memoria.

- 10 Según la invención, los medios para definir los pares de elementos **5** de soporte comprenden medios para definir un punto **7** de referencia perteneciente a cada elemento **5** de soporte, medios para definir dicho grafo acíclico conectado **8** y medios para definir un par de elementos de soporte para cada arista **9** de dicho grafo acíclico conectado **8** como se ha descrito anteriormente.

- 15 Dicho equipo se configura preferiblemente por medio de un producto de programa informático que comprende un soporte de datos provisto de segmentos de programa configurados de tal manera que, cuando se ejecutan en dicho ordenador, definan los medios del equipo como se ha descrito anteriormente.

De acuerdo con las explicaciones proporcionadas anteriormente, se puede entender que el método, el equipo y el producto de programa informático descritos anteriormente logran todos los objetivos establecidos.

- 20 En particular, la invención hace posible obtener una estructura de soporte que tiene un volumen reducido en comparación con las estructuras de soporte definidas de acuerdo con la técnica conocida.

REIVINDICACIONES

1. Método implementado por ordenador para definir una estructura (2) de soporte para un objeto tridimensional (1) que se ha de producir a través de un proceso de estereolitografía, que comprende las siguientes operaciones:

- definir una primera superficie (3) que se ha de soportar que pertenezca a dicho objeto tridimensional (1);

5 - definir una segunda superficie (4) que mire hacia dicha primera superficie (3);

- definir una pluralidad de elementos (5) de soporte que tengan una forma alargada y se extiendan desde dicha primera superficie (3) hasta dicha segunda superficie (4);

- definir una pluralidad de pares de dichos elementos (5) de soporte;

10 - para cada par de dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte, definir al menos un elemento (6) de refuerzo que tenga una forma alargada y conecte los dos elementos (5) de soporte de dicho par;

comprendiendo dicha operación de definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte las siguientes operaciones:

- definir un punto (7) de referencia que pertenezca a cada uno de dichos elementos (5) de soporte;

15 - definir un grafo acíclico conectado (8) que tenga como vértices dichos puntos (7) de referencia y que comprenda aristas (9) correspondientes entre dichos vértices;

- definir uno de dichos pares de elementos de soporte para cada una de dichas aristas (9), comprendiendo dicho par los dos elementos (5) de soporte correspondientes a los extremos de dicha arista (9);

20 caracterizado por que dicha operación de definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte comprende la operación adicional de definir un par adicional de elementos de soporte para cada vértice que tenga el grado 1 de dicho grafo acíclico conectado (8), comprendiendo dicho par adicional un primer elemento (5) de soporte correspondiente a dicho vértice que tiene el grado 1 y un segundo de dichos elementos (5) de soporte no conectado a dicho primer elemento (5) de soporte a través de ninguna de dichas aristas (9).

25 2. Método según la reivindicación 1, en donde dicho grafo acíclico conectado (8) se define de tal manera que coincide con el árbol de expansión mínimo de un grafo completo que tiene los mismos vértices que dicho grafo acíclico conectado (8) y en el que se asigna a cada arista (9) un peso igual al valor de la distancia entre los extremos de dicha arista (9).

3. Método según la reivindicación 1 o 2, en donde dichos pares adicionales se definen de tal manera que la suma de las distancias entre los vértices correspondientes de dicho grafo acíclico conectado (8) es mínima.

30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha operación de definir dicho al menos un elemento (6) de refuerzo incluye la operación de definir una pluralidad de dichos elementos (6) de refuerzo distintos entre sí para al menos un par de dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte.

5. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha segunda superficie pertenece a dicho objeto tridimensional (1).

35 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde dicha segunda superficie (4) está separada de dicho objeto tridimensional (1) y todos los elementos (6) de refuerzo se encuentran en dicha segunda superficie (4).

7. Método según la reivindicación 6, en donde dicha segunda superficie (4) es plana.

8. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada uno de dichos elementos (5) de soporte tiene una parte más delgada correspondiente situada al nivel de la primera superficie (3) o de la segunda superficie (4) correspondiente.

40 9. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dichos elementos (6) de refuerzo tienen una forma cónica o cilíndrica.

10. Método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha definición de dichos puntos (7) de referencia comprende las siguientes operaciones:

- definir una superficie de referencia que corte todos los elementos (5) de soporte;

45 - para cada elemento (5) de soporte, definir un punto (7) de referencia correspondiente en el área de intersección entre dicho elemento (5) de soporte y dicha superficie de referencia.

11. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde dicha definición de dichos puntos de referencia comprende las siguientes operaciones:

- definir una superficie de referencia que corte todos los elementos (5) de soporte;
- 5 - definir un punto de soporte en el área de intersección entre cada elemento (5) de soporte y dicha superficie de referencia;
- definir una superficie de proyección;
- definir cada uno de dichos puntos (7) de referencia como la proyección de uno correspondiente de dichos puntos de soporte en dicha superficie de proyección.

10 12. Método según la reivindicación 10 u 11, en donde dicha superficie de referencia coincide con dicha primera superficie (3) o con dicha segunda superficie (4).

13. Equipo para definir una estructura (2) de soporte para un objeto tridimensional (1) que se ha de producir a través de un proceso de estereolitografía, que comprende:

- un ordenador que comprende una unidad de procesamiento y un soporte de memoria al que puede acceder dicha unidad de procesamiento;
- 15 - medios para adquirir un primer conjunto de datos representativos de la geometría de dicho objeto tridimensional (1) y para cargar dicho primer conjunto de datos en dicho soporte de memoria;
- medios para definir una primera superficie (3) que se ha de soportar que pertenezca a dicho objeto tridimensional (1);
- medios para definir una segunda superficie (4) que mire hacia dicha primera superficie (3);
- 20 - medios para definir una pluralidad de elementos (5) de soporte que tengan una forma alargada y se extiendan desde dicha primera superficie (3) hasta dicha segunda superficie (4);
- medios para definir una pluralidad de pares de dichos elementos (5) de soporte;
- medios para definir, para cada par de dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte, al menos un elemento (6) de refuerzo que tenga una forma alargada y que conecte los dos elementos (5) de soporte correspondientes;
- 25 - medios para generar un segundo conjunto de datos representativos de la geometría resultante de la unión de dichos elementos (5) de soporte y dichos elementos (6) de refuerzo con dicho objeto tridimensional (1) y para cargar dicho segundo conjunto de datos en dicho soporte de memoria;

comprendiendo dichos medios para definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte:

- medios para definir un punto (7) de referencia que pertenezca a cada uno de dichos elementos (5) de soporte;
- 30 - medios para definir un grafo acíclico conectado (8) que tenga como vértices dichos puntos (7) de referencia y que comprenda aristas (9) correspondientes entre dichos vértices;
- medios para definir un par de elementos de soporte para cada una de dichas aristas (9), comprendiendo dicho par los dos elementos (5) de soporte correspondientes a los extremos de dicha arista (9);
- 35 caracterizado por que dichos medios para definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte están configurados para definir un par adicional de elementos de soporte para cada vértice que tenga el grado 1 de dicho grafo acíclico conectado (8), comprendiendo dicho par adicional un primer elemento (5) de soporte correspondiente a dicho vértice que tiene el grado 1 y un segundo de dichos elementos (5) de soporte no conectado a dicho primer elemento (5) de soporte a través de ninguna de dichas aristas (9).

40 14. Producto de programa informático que comprende un soporte de datos provisto de segmentos de programa configurados de tal manera que, cuando se ejecutan en un ordenador que comprende una unidad de procesamiento y un soporte de memoria al que puede acceder dicha unidad de procesamiento, dichos segmentos de programa definen:

- medios para adquirir un primer conjunto de datos representativos de la geometría de dicho objeto tridimensional (1) y para cargar dicho primer conjunto de datos en dicho soporte de memoria;
- 45 - medios para definir una primera superficie (3) que se ha de soportar que pertenezca a dicho objeto tridimensional (1);
- medios para definir una segunda superficie (4) que mire hacia dicha primera superficie (3);

ES 2 722 106 T3

- medios para definir una pluralidad de elementos (5) de soporte que tengan una forma alargada y se extiendan desde dicha primera superficie (3) hasta dicha segunda superficie (4);
 - medios para definir una pluralidad de pares de dichos elementos (5) de soporte;
- 5
- medios para definir, para cada par de dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte, al menos un elemento (6) de refuerzo que tenga una forma alargada y que conecte los dos elementos (5) de soporte correspondientes;
 - medios para generar un segundo conjunto de datos representativos de la geometría resultante de la unión de dichos elementos (5) de soporte y dichos elementos (6) de refuerzo con dicho objeto tridimensional (1) y para cargar dicho segundo conjunto de datos en dicho soporte de memoria;
- comprendiendo dichos medios para definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte:
- 10
- medios para definir un punto (7) de referencia que pertenezca a cada uno de dichos elementos (5) de soporte;
 - medios para definir un grafo acíclico conectado (8) que tenga como vértices dichos puntos (7) de referencia y que comprenda aristas (9) correspondientes entre dichos vértices;
 - medios para definir un par de elementos de soporte para cada una de dichas aristas (9), comprendiendo dicho par los dos elementos (5) de soporte correspondientes a los extremos de dicha arista (9);
- 15
- caracterizado por que dichos medios para definir dicha pluralidad de pares de elementos (5) de soporte están configurados para definir un par adicional de elementos de soporte para cada vértice que tenga el grado 1 de dicho grafo acíclico conectado (8), comprendiendo dicho par adicional un primer elemento (5) de soporte correspondiente a dicho vértice que tiene el grado 1 y un segundo de dichos elementos (5) de soporte no conectado a dicho primer elemento (5) de soporte a través de ninguna de dichas aristas (9).
- 20

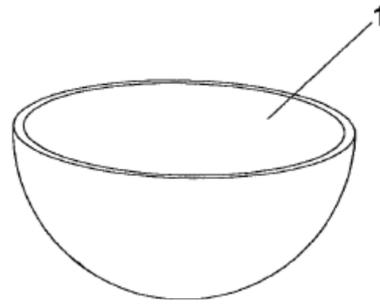


Fig.1

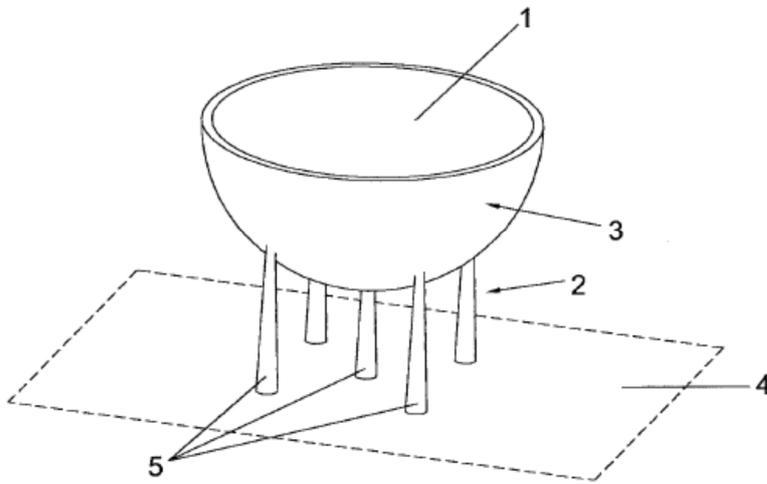


Fig.2

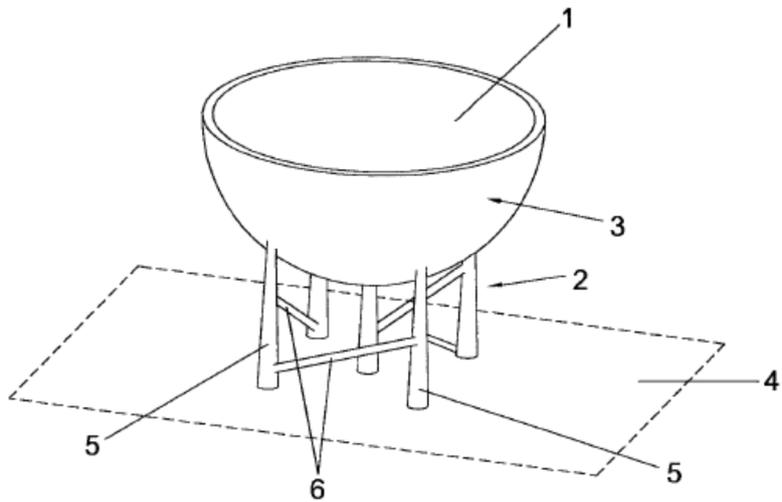


Fig.3

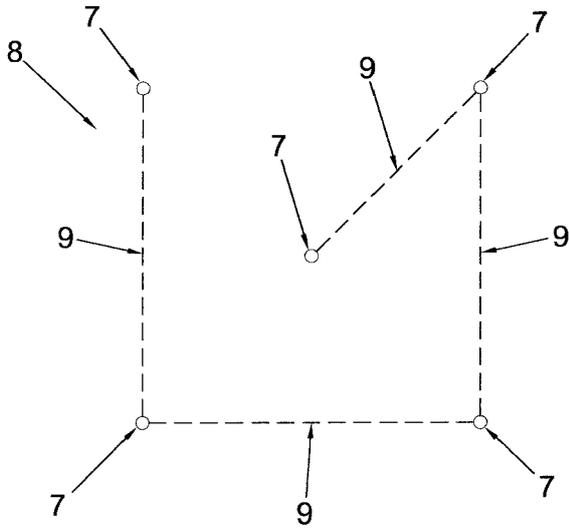


Fig.4

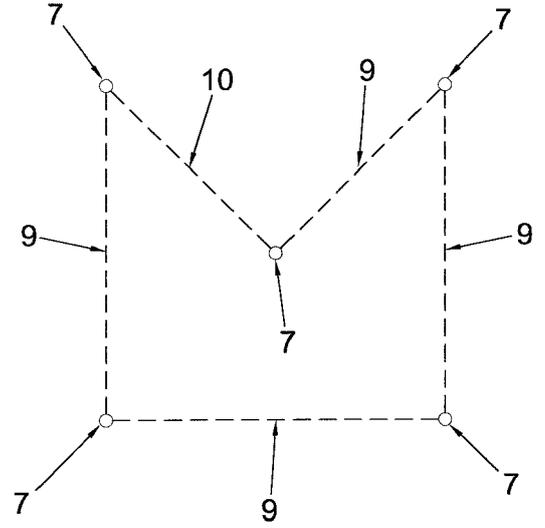


Fig.5

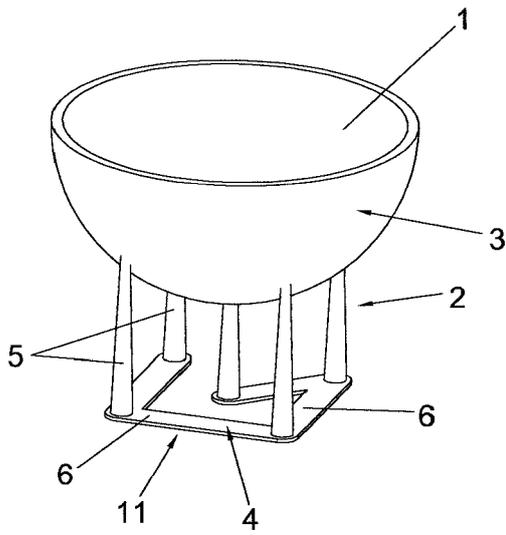


Fig.6

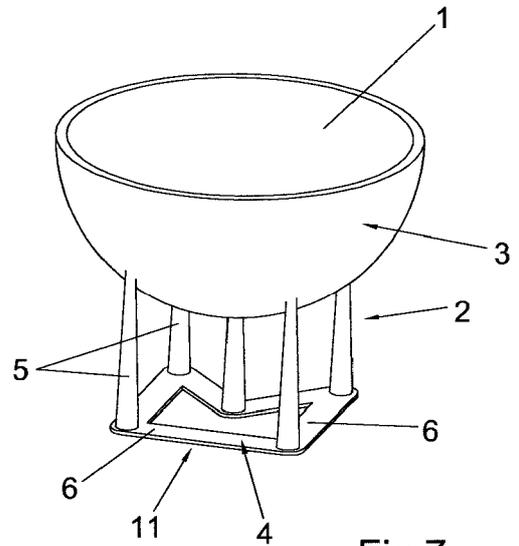


Fig.7