

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 404**

51 Int. Cl.:

B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 40/00 (2015.01)

B29C 64/232 (2007.01)

B29C 64/30 (2007.01)

B29C 64/264 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.07.2013 PCT/IB2013/001540**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.01.2014 WO14013312**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.07.2013 E 13765403 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2872316**

54 Título: **Método de estereolitografía para producir un objeto tridimensional, que comprende un movimiento de acuerdo con el cual una superficie de soporte para dicho objeto se aproxima intermitentemente al fondo de un recipiente, y máquina de estereolitografía que utiliza dicho método**

30 Prioridad:

16.07.2012 IT VI20120172

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

22.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FORTUNATO, ROBERTO y
ZENERE, SERGIO**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 701 404 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 de estereolitografía para producir un objeto tridimensional, que comprende un movimiento de acuerdo con el cual una superficie de soporte para dicho objeto se aproxima intermitentemente al fondo de un recipiente, y máquina de estereolitografía que utiliza dicho método

5 La presente invención se refiere a un método de estereolitografía para la producción de un objeto tridimensional, así como a una máquina de estereolitografía que utiliza dicho método.

Como es sabido, una máquina de estereolitografía comprende un recipiente para una sustancia líquida apta para ser solidificada mediante su exposición a una radiación predefinida, por lo común, radiación luminosa.

10 La radiación antes mencionada se produce por medios emisores de radiación que irradian selectivamente una capa de la sustancia líquida que tiene un espesor predefinido y que se ha dispuesto de tal manera que es adyacente al fondo del recipiente, de un modo tal, que esta se solidifica.

La máquina también comprende una placa de moldeo situada de cara al fondo del recipiente y provista de una superficie de soporte para el objeto tridimensional que se va a obtener.

15 La placa de moldeo antes mencionada está asociada con medios motores que son adecuados para moverla de acuerdo con una dirección perpendicular al fondo del recipiente.

Utilizando una máquina del tipo antes mencionado, el objeto es fabricado por superposición de una sucesión de capas que tienen un espesor predefinido.

20 Más precisamente, de acuerdo con el método de producción, la placa de moldeo se dispone, en primer lugar, con la superficie de soporte inmersa en la sustancia líquida, a una cierta distancia del fondo del recipiente que es igual al espesor de la primera capa del objeto.

Una capa de sustancia líquida es así definida, la cual es adyacente al fondo del recipiente y es selectivamente irradiada por los medios emisores de radiación, en las partes correspondientes al área superficial de la primera capa del objeto, para así formar una capa solidificada correspondiente que se adhiere a la superficie que soporta la placa de moldeo.

25 A continuación, la placa de moldeo es, primeramente, movida en alejamiento del fondo del recipiente, de tal manera que separa la capa solidificada del propio fondo.

De este modo, la sustancia líquida se permite fluir bajo la placa de moldeo y se restituye, en consecuencia, la capa líquida necesaria para la formación de una capa sucesiva del objeto.

30 A continuación, la placa de moldeo es nuevamente movida cerca del fondo del recipiente, de tal manera que se dispone la capa previamente solidificada a una distancia del fondo que es igual al espesor de la capa sucesiva que se va a obtener.

La solidificación de la nueva capa del objeto se lleva a cabo análogamente a la solidificación de la capa previa y en contacto con la superficie de esta última, la cual sirve como superficie de soporte para la nueva capa.

35 El procedimiento anteriormente descrito se repite hasta que se hayan solidificado todas las capas que constituyen el objeto.

El método anteriormente descrito plantea la desventaja de que el movimiento con el que la placa de moldeo y la porción ya solidificada del objeto se aproximan al fondo del recipiente, se encuentra con una cierta resistencia, debido a la viscosidad de la sustancia líquida que tiene que ser desplazada durante este movimiento.

40 Esta resistencia ejerce una fuerza de compresión sobre el objeto tridimensional que se está formado, así como una fuerza de empuje sobre el fondo del recipiente, de tal manera que la entidad de estas fuerzas depende principalmente de la velocidad de movimiento de la placa, del área superficial de la placa y del objeto ya solidificado, y de las propiedades físicas de la sustancia líquida.

Más allá de un umbral dado, dicha fuerza de compresión puede causar la rotura del objeto tridimensional que se está formando, con la consiguiente necesidad de repetir el procedimiento comenzando de nuevo desde el principio.

45 Con el fin de evitar tal situación, es necesario limitar la velocidad a la que la placa moldeadora se aproxima al fondo del recipiente.

Obviamente, dicha limitación de velocidad hace imposible reducir el tiempo necesario para la aproximación de la placa para cada capa en más de un valor dado, lo que afecta negativamente al tiempo de producción total del objeto.

50 Por otra parte, incluso si la fuerza de compresión se limita a un valor por debajo del umbral de rotura, dicha fuerza de compresión, sin embargo, somete el objeto que se está formando a una cierta deformación elástica, debido a las

secciones transversales relativamente pequeñas que son generalmente típicas de los objetos producidos utilizando el método de estereolitografía.

5 Puede comprenderse que la fuerza de compresión y, en consecuencia, la deformación elástica no desaparecen en cuanto se detiene la placa, sino que necesitan un cierto lapso de tiempo para desaparecer, siendo este lapso de tiempo el necesario para el completo flujo de salida de la sustancia líquida y la consecuente recuperación elástica del objeto.

Es evidente que la solidificación de la placa sucesiva no puede tener lugar hasta que dicha deformación elástica se ha reducido hasta un valor residual que es tal, que no induce ninguna distorsión en el objeto tridimensional que se está formando.

10 Si, como sucede a menudo, la sustancia líquida es muy viscosa, dicho flujo de salida requiere un tiempo relativamente largo, lo que aumenta la duración del procedimiento de producción del objeto.

Una desventaja adicional que presenta la máquina anteriormente descrita radica en que, cuanto más grande es la placa de moldeo, más elevada es la fuerza de compresión ejercida sobre la sustancia líquida y, por tanto, mayor es el riesgo de salpicadura de la propia sustancia hacia fuera del recipiente durante la inmersión de la placa.

15 Por lo tanto, la velocidad del movimiento de aproximación ha de disminuir proporcionalmente al aumento del tamaño de la placa, lo que prolonga adicionalmente la duración del procedimiento de producción.

20 Una desventaja adicional radica en que las fuerzas de empuje mencionadas anteriormente generan esfuerzos de fatiga sobre el fondo del recipiente, lo que causa que el recipiente se deteriore y, con el tiempo, se rompa. El documento EP 1876012 A1 divulga un método para producir un objeto tridimensional de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Ello, por tanto, implica la necesidad de reemplazar periódicamente el recipiente, con el inconveniente de tener que detener la producción y asumir los costes del reemplazo.

En una variante de realización conocida de la máquina anteriormente mencionada, se ha proporcionado una pared de vidrio para soportar el recipiente.

25 La pared de vidrio limita la deformación del recipiente y, por otra parte, evita que cualquier rotura prematura de este último provoque que la sustancia líquida contenida en la máquina fluya hacia fuera y dañe los medios emisores de radiación que están generalmente dispuestos bajo el recipiente.

Es evidente que, en esta variante, la tensión de compresión y cualesquiera daños antes descritos son, en cualquier caso, transmitidos a la pared de vidrio, que, al igual que el recipiente, puede ser sometida a un deterioro progresivo.

La presente invención se propone superar todas las desventajas de la técnica conocida antes esbozada.

30 En particular, es un primer propósito de la invención proporcionar un método para realizar un objeto tridimensional en capas utilizando una máquina de estereolitografía, lo que hace posible limitar tanto la tensión de compresión a la que se somete el objeto tridimensional que está siendo formado, como las fuerzas de empuje que se ejercen sobre el fondo del recipiente o sobre cualquier pared de vidrio de soporte durante la aproximación de la placa de moldeo al propio fondo.

35 Es otro propósito de la invención desarrollar el método mencionado en lo anterior de tal manera que pueda ser fácilmente aplicado a máquinas de estereolitografía del tipo conocido.

Los propósitos antes mencionados se consiguen mediante un método para producir un objeto tridimensional, implementado de acuerdo con la reivindicación principal.

40 Características y detalles adicionales del método que constituye el objeto de la invención se describen en las reivindicaciones dependientes correspondientes.

Los propósitos antes mencionados son también alcanzados por medio de un producto de programación de IT de acuerdo con la reivindicación 11, y gracias a una máquina de estereolitografía construida de acuerdo con la reivindicación 12.

45 Ventajosamente, la reducción de las tensiones hace posible reducir el tiempo que necesita el objeto que se está formando para aproximarse al fondo del recipiente, con lo que se reduce el tiempo de tratamiento de cada capa del objeto y, en consecuencia, la duración total del ciclo de tratamiento.

50 Aún de forma ventajosa, la reducción de la tensión hace posible limitar la deformación elástica del objeto que está siendo formado, con lo que se reduce su tiempo de recuperación elástica. Aún de forma ventajosa, la tensión reducida a la que se someten las capas del objeto hace posible obtener objetos con secciones transversales mayores que las de los objetos que pueden obtenerse con los métodos conocidos, a la vez que se mantiene el mismo tiempo de aproximación y las mismas características físicas de la sustancia líquida que se está utilizando.

Aún ventajosamente, la tensión reducida que se ejerce sobre el recipiente o sobre la pared de vidrio de soporte hace posible aumentar la duración de esta última de tal manera que se reduce la necesidad de reemplazo.

Aún de forma ventajosa, las fuerzas de compresión reducidas que se ejercen por parte de la placa de moldeo sobre la sustancia líquida durante la inmersión, reducen el riesgo de salpicadura de la propia sustancia.

5 Dichos propósitos y ventajas, conjuntamente con otros que se señalarán más adelante, se ilustran en la descripción de dos realizaciones preferidas de la invención que se proporcionan a modo de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

- La Figura 1 muestra una máquina de estereolitografía de acuerdo con la invención;

10 - La Figura 2 muestra la máquina de estereolitografía mostrada en la Figura 1, en una configuración operativa diferente;

- La Figura 3 muestra una vista esquemática del movimiento de una superficie que soporta una capa solidificada del objeto durante la aplicación del método que constituye el objeto de la invención;

- La Figura 4 muestra una vista esquemática del movimiento de una superficie que soporta una capa solidificada del objeto durante la aplicación de una variante del método que constituye el objeto de la invención.

15 El método para producir un objeto tridimensional que constituye el objeto de la invención se describe con referencia a una máquina de estereolitografía que se indica en su conjunto por la referencia 1 en la Figura 1.

La máquina de estereolitografía 1 antes mencionada comprende un recipiente 2 para contener una sustancia líquida 3 adecuada para ser solidificada a través de su exposición a una radiación predefinida 4.

20 La máquina 1 también comprende unos medios 5 adecuados para emitir dicha radiación predefinida 4, capaces de irradiar selectivamente una capa 6 de la sustancia líquida 3 que tiene un espesor predefinido y que está dispuesta adyacente al fondo 2a del recipiente 2.

La irradiación de la capa líquida 6 lleva consigo la formación de una capa solidificada 6' correspondiente del objeto, tal y como se representa esquemáticamente en la Figura 2.

25 Preferible, pero no necesariamente, dicha radiación predefinida 4 es un haz de láser que, a través de los medios emisores 5 antes mencionados, es selectivamente dirigido hacia las zonas correspondientes al volumen del objeto que se va a producir.

Es evidente, por otra parte, que, en variantes de realización de la invención no ilustradas en esta memoria, los medios emisores pueden ser de cualquier otro tipo conocido.

30 La máquina 1 también comprende medios de accionamiento 8 adecuados para mover la capa solidificada 6' con respecto al fondo 2a del recipiente 2, de acuerdo con una dirección de movimiento Z perpendicular al fondo 2a.

Preferiblemente, dichos medios de accionamiento 8 comprenden una placa de moldeo 7 provista de una superficie 7a situada frente al fondo 2a del recipiente 2 para soportar dicha capa solidificada 6'.

35 La máquina de estereolitografía 1 también comprende una unidad lógica de control 9, conectada operativamente a los medios emisores 5 y a los medios de accionamiento 8 y configurada con el fin de implementar un método de acuerdo con la invención, tal y como se describe más adelante.

De preferencia, dicha unidad lógica de control 9 es un dispositivo programable y la configuración antes mencionada se obtiene cargando en dicho dispositivo un programa de IT que, una vez ejecutado, pone en práctica el método de la invención.

40 De acuerdo con el método de la invención, la superficie 7a de la placa de moldeo 7 es, primeramente, movida hasta cerca del fondo 2a del recipiente 2 a través de un primer movimiento de colocación mutua 11 que tiene una extensión predefinida y que se muestra en el diagrama de la Figura 3, la cual representa la posición de la superficie 7a con respecto a la dirección del movimiento Z en función del tiempo T.

45 Puede comprenderse que, a medida que la superficie 7a de la placa de moldeo 7 se aproxima al fondo 2a, el espacio de aire entre los dos elementos, que permite el flujo de salida de la sustancia líquida 3 hacia los bordes de la placa 7, se hace más delgado, con lo que el flujo de salida se hace cada vez más difícil.

En consecuencia, el empuje de reacción de la sustancia líquida 3 sobre la superficie 7a y sobre el fondo 2a, previamente descrito, se incrementa progresivamente durante dicho movimiento de aproximación.

En el caso de que el fondo 2a repose sobre una pared de soporte, hecha, por ejemplo, de vidrio, la fuerza de empuje ejercida sobre el fondo 2a es, obviamente, transmitida a dicha pared.

Una vez que la superficie 7a ha llegado a una posición operativa predefinida 17, mostrada en la Figura 1 y correspondiente a una distancia desde el fondo 2a que es igual al espesor preferido de la capa 6 de la sustancia líquida 3, esta última es irradiada con una radiación predefinida 4 con el fin de obtener la capa solidificada 6' correspondiente.

- 5 La superficie 7a se mantiene en dicha posición operativa 17 durante toda la etapa de solidificación, ilustrada en la Figura 2 e indicada por la referencia 18 en la Figura 3.

A continuación, los medios de accionamiento 8 separan la capa solidificada 6' del fondo 2a del recipiente 2 por medio de un movimiento de retroceso mutuo 19.

- 10 Para la formación de una capa sucesiva del objeto, dicha capa solidificada 6' es, una vez más, movida hasta cerca del fondo 2a del recipiente 2 a través de un segundo movimiento de colocación análogo 11 que, sin embargo, no es necesariamente idéntico al que se ha descrito anteriormente.

Obviamente, la capa que es sucesivamente solidificada será soportada por la superficie 6a de la capa ya solidificada 6' situada de cara al fondo 2a.

- 15 Claramente, durante el segundo movimiento de colocación 11, el fondo 2a del recipiente 2 es sometido a fuerzas de empuje que son análogas a las que se han descrito con referencia al primer movimiento de colocación 11.

Dichas fuerzas de empuje actúan también sobre la capa solidificada 6'. Sometiéndola a esfuerzos como se ha descrito anteriormente y causando su deformación elástica.

Obviamente, dicha acción de empuje se genera en cada una de las capas sucesivas del objeto tridimensional.

- 20 En particular, a medida que aumenta el número de capas solidificadas y, por tanto, la altura del objeto que se está formando, la deformación elástica inducida en este último durante la aproximación al fondo 2a aumenta en correspondencia, debido a la reacción de la sustancia líquida 3.

De acuerdo con el método de la invención, uno o más de los movimientos de colocación 11 antes mencionados comprenden una pluralidad de movimientos de aproximación 12, 12a, 12b, 12c que cubren longitudes predefinidas respectivas 13, 13a, 13b, 13c.

- 25 Dichos movimientos de aproximación 12, 12a, 12b, 12c están separados entre sí por detenciones intermedias 14, 14a, 14b, que duran intervalos de tiempo predefinidos respectivos 15, 15a, 15b y realizadas cuando la superficie 6a o 7a destinada a soportar la capa solidificada sucesiva 6' está al menos parcialmente inmersa en la sustancia líquida 3.

- 30 Como se ha explicado anteriormente, el movimiento de colocación 11 tiene lugar primero, es decir, si es previo a la solidificación de la primera capa del objeto, dicha superficie de soporte es la superficie 7a de la placa 7, mientras que, si el movimiento de colocación sigue a la solidificación de la primera capa del objeto, dicha superficie de soporte es la superficie 6a de la última capa solidificada 6'.

Ventajosamente, cada detención intermedia permite a la sustancia líquida 3 fluir al exterior por los lados de la superficie de soporte 6a o 7a, con lo que se limita la presión ejercida sobre ella y sobre el fondo 2a del recipiente 2.

- 35 Por lo tanto, dichas detenciones intermedias 14, 14a, 14b tienen el efecto de limitar la tensión de compresión sobre el objeto que se está formando y las fuerzas de empuje ejercidas sobre el fondo 2a del recipiente 2 hasta valores inferiores, en comparación con los valores que resultarían si el movimiento de colocación 11 fuera un movimiento continuo como en el caso de las máquinas de tipo conocido, con lo que se consigue uno de los propósitos de la invención.

- 40 Ventajosamente, la limitación de los esfuerzos sobre el objeto que se está formando permite que la deformación elástica de este último quede también limitada, con lo que se reduce el tiempo necesario para su sucesiva recuperación elástica.

Por otra parte, de forma ventajosa, reducir la fuerza de compresión ejercida sobre la sustancia líquida 3 por la placa de moldeo 7 significa reducir el riesgo de salpicaduras hacia fuera del recipiente 2.

- 45 Aún de forma ventajosa, los intervalos de detención 15, 15a, 15b permiten que la tensión interna sea redistribuida en el seno del objeto tridimensional y en el fondo 2a del recipiente 2, lo que limita adicionalmente los efectos nocivos de dicha tensión.

En consecuencia, ventajosamente, el método de la invención hace posible reducir el número de rechazos de producción, en comparación con los que se obtienen con los métodos conocidos.

- 50 Por otra parte, de forma ventajosa, la tensión reducida que se obtiene con el método de la invención hace posible producir objetos que tienen una sección transversal mayor que la de los que pueden obtenerse con los métodos

estereolitográficos conocidos, para un mismo tiempo de tratamiento y un mismo tipo de sustancia líquida.

Análogamente, el método anteriormente descrito hace posible reducir la tensión de tracción sobre el fondo 2a del recipiente 2 y también sobre la pared de soporte del recipiente 2, en caso de que se haya proporcionado, con la ventaja de que se prolonga la vida útil de estos componentes.

- 5 Ha de observarse que todas las ventajas antes mencionadas se obtienen gracias a la presencia de las detenciones intermedias 14, 14a, 14b, y, por tanto, no hay necesidad de modificar la velocidad de los medios de accionamiento 8.

Por lo tanto, el método de la invención puede ser utilizado en una máquina de estereolitografía del tipo conocido, por medio de una simple modificación en la programación de la unidad lógica de control 9, sin necesidad de realizar modificaciones mecánicas o añadir complejos sistemas para ajustar la velocidad de los medios de accionamiento 8, con lo que se consigue el propósito adicional de hacer que el método sea fácil de aplicar a una máquina del tipo conocido.

- 10

El número de los movimientos de aproximación 12, 12a, 12b, 12c y de las detenciones intermedias 14, 14a, 14b, así como las longitudes predefinidas correspondientes 13, 13a, 13b, 13c y los intervalos de tiempo 15, 15a, 15b, pueden ser definidos de cualquier modo.

- 15 Por otra parte, el primero de dichos movimientos de aproximación 12 se utiliza, preferiblemente, para mover la superficie de soporte 6a o 7a desde una posición inicial en la que está fuera de la sustancia líquida 3, hasta una posición final en la que está al menos parcialmente inmersa en la sustancia líquida 3.

Por otra parte, en variantes de realización de la invención, dicho primer movimiento de aproximación 12 puede comenzar con la superficie de soporte 6a o 7a ya inmersa en la sustancia líquida 3.

- 20 De acuerdo con una variante de realización de la invención, en el movimiento de colocación 11', mostrado en el diagrama de la Figura 4, el último movimiento de aproximación 12c es tal, que la superficie de soporte 6a, 7a es llevada más allá de la posición operativa 17.

El movimiento de colocación 11' termina con un movimiento de retroceso 12d que desplaza la superficie de soporte 6a, 7a en alejamiento del fondo 2a del recipiente 2, en la longitud 13d.

- 25 Dicho movimiento de retroceso 12d está, preferiblemente, separado del último movimiento de aproximación 12c por una detención intermedia 14c de duración 15c.

Ventajosamente, el movimiento de colocación 11' que se acaba de describir en lo anterior hace posible reducir el tiempo de recuperación elástica del objeto que se está formando.

- 30 De hecho, el último movimiento de aproximación 12c coloca la superficie de soporte 6a, 7a a una distancia del fondo 2a que es más corta que el espesor de la capa 6 de sustancia líquida 3 que está siendo solidificada, con lo que se fuerza un fluido de salida más rápido de la sustancia líquida 3 desde los bordes de la superficie de soporte 6a, 7a.

El movimiento de retroceso sucesivo 12d, además de disponer la superficie de soporte 6a, 7a en la posición operativa 17, tiene también el efecto de reducir la tensión ejercida sobre el objeto que se está formando y sobre el fondo 2a.

- 35 Preferiblemente, la extensión del último movimiento de aproximación 12c y del movimiento de retroceso 12d, así como la duración de la detención intermedia 14c, se determinan de tal manera que la deformación elástica residual del objeto que se está formando, tras el movimiento de retroceso 12d, hace posible irradiar la capa 6 tan pronto como el movimiento de retroceso 12d ha sido completado, sin inducir distorsiones en el objeto tridimensional que se está formando.

- 40 De preferencia, independientemente del movimiento de colocación 11, 11' adoptado, los valores de uno o más parámetros seleccionados de entre las longitudes de los movimientos de aproximación 12, 12a, 12b, 12c y del movimiento de retroceso 12d, el número de las detenciones intermedias 14, 14a, 14b, 14c y los intervalos de tiempo correspondientes 15, 15a, 15b, 15c, se determinan antes de comenzar el movimiento de colocación.

- 45 De esta manera, dichos parámetros seleccionados son independientes de toda realimentación de los medios de accionamiento 8, con lo que se evitan posibles retrasos en las detenciones intermedias, con la ventaja de la precisión y la fiabilidad del método.

Preferible, pero no necesariamente, los valores de dichos parámetros seleccionados se calculan en función del área superficial de la superficie de soporte 6a o 7a.

- 50 Ventajosamente, dicho cálculo hace posible optimizar cada movimiento de colocación 11, 11' de tal manera que se reduzca a un mínimo la extensión del movimiento de colocación y, en consecuencia, su duración.

En particular, de acuerdo con el método, se define, preferiblemente, una curva para expresar cada uno de dichos

parámetros seleccionados en función del área superficial de la superficie de soporte 6a o 7a.

Tal curva predefinida puede ser almacenada en la unidad lógica de control 9 de la máquina de estereolitografía 1, de tal manera que se simplifique dicho cálculo.

5 De preferencia, los valores de los parámetros seleccionados se calculan en función de la relación entre dicha área superficial y su perímetro, que representa la forma de la capa.

De esta manera, ventajosamente, es posible tener en cuenta el hecho de que el tiempo de flujo de salida de la sustancia líquida 3 depende no solo del área superficial de la superficie de soporte 6a o 7a, sino también de su perímetro.

10 Más precisamente, de entre todas las posibles formas que tienen la misma área superficial, la forma circular de la superficie de soporte es la que tiene el perímetro más corto y, por tanto, la que ofrece a la sustancia líquida 3 menos posibilidades de escapar, con lo que se prolonga el tiempo de flujo hacia fuera.

Y viceversa, una superficie de soporte que presenta un perímetro más largo en comparación con una capa circular que tiene la misma área superficial, otorga a la sustancia líquida 3 más oportunidades de escapar, y, por tanto, el tiempo de flujo hacia fuera es más corto que en el caso anterior.

15 En consecuencia, el número de detenciones intermedias 14, 14a, 14b y/o los intervalos de tiempo correspondientes 15, 15a, 15b pueden ser reducidos a medida que la forma de la superficie de soporte 6a, 7a se hace cada vez más diferente de la forma circular, mientras que la situación es exactamente la opuesta para las longitudes de los movimientos de aproximación 12, 12a, 12b, 12c.

Una posible fórmula para la relación de formas antes mencionada es la siguiente:

20
$$R = 4 \pi A / P^2$$

donde R es la relación de formas, A es el área superficial de la superficie de soporte, y P es su perímetro.

Es evidente que la relación de formas antes mencionada adopta un valor máximo igual a 1 cuando la superficie de soporte tiene una forma circular, y se reduce progresivamente hacia el 0 (cero) a medida que la superficie de soporte se hace más aplanada.

25 De acuerdo con una variante de realización del método de la invención, el cálculo de los parámetros seleccionados antes mencionados puede hacerse tomando en consideración un parámetro de forma adicional que tiene una fórmula simplificada en comparación con la anterior.

30 Preferiblemente, el cálculo del parámetro de forma antes mencionado requiere que el área superficial de la superficie de soporte 6a o 7a se divida en varias celdas que tienen dimensiones predefinidas, a cada una de las cuales se le asigna un factor de ponderación, o peso, que es proporcional al número de celdas adyacentes a ella.

Los factores de ponderación o pesos de las celdas se suman unos con otros con el fin de obtener el parámetro de forma antes mencionado, el cual se utiliza para calcular los valores de los parámetros seleccionados en sustitución de dicha relación de formas.

35 Obviamente, el cálculo de los parámetros seleccionados puede llevarse a cabo incluso combinando los métodos antes mencionados, es decir, utilizando el área superficial, la relación de formas y/o el parámetro de formas, unos en combinación con otros.

Es evidente que este método simplificado resulta particularmente adecuado para ser utilizado cuando la superficie de soporte tiene una forma geométrica compleja.

40 Preferiblemente, si la superficie de soporte está constituida por varias áreas independientes unas de otras, en el cálculo de los parámetros seleccionados únicamente se toman en consideración el área superficial, las relaciones de formas y/o los parámetros de forma correspondientes a las porciones cuya área superficial supera un valor predefinido o únicamente la porción con la mayor área superficial.

Ventajosamente, esto hace posible minimizar el tiempo de aproximación y/o la extensión del movimiento respectivo, sin que aumente el riesgo de rotura del objeto que se está formando.

45 De hecho, ha de considerarse que cada una de dichas porciones se ve sometida una fuerza de empuje que es sustancialmente independiente de la que actúa sobre otras porciones, y que, por lo tanto, será posible definir los parámetros seleccionados únicamente de conformidad con las porciones para las que la fuerza de empuje es mayor, lo que significa las porciones, o porción, con un área superficial mayor.

50 Es también evidente que, en variantes adicionales del método de la invención, las longitudes de los movimientos de aproximación y retroceso, 12, 12a, 12b, 12c y 12d, el número de las detenciones intermedias 14, 14a, 14b y 14c y/o

los intervalos de tiempo correspondientes 15, 15a, 15b y 15c pueden ser determinados de una vez para siempre antes de comenzar la construcción del modelo, y mantenerse sin cambios para la totalidad de las capas.

5 En cualquier caso, de forma preferida pero no necesaria, las longitudes de los movimientos de aproximación 12a, 12b, 12c que siguen a la primera parada intermedia 14 se definen de tal manera que sean la misma, en aras de la simplicidad de cálculo.

10 Por otra parte, el valor de los parámetros antes mencionados puede ser definido de acuerdo con otros parámetros, además de los que se han descrito anteriormente, por ejemplo, la viscosidad y la densidad de la sustancia líquida 3, la velocidad de movimiento de los medios de accionamiento 8, la profundidad máxima de la sustancia líquida 3 presente en el recipiente 2, la resistencia mecánica del fondo 2a o de la pared de soporte respectiva, y la resistencia mecánica de las capas solidificadas 6'.

A modo de ejemplo, para una máquina de estereolitografía 1 del tipo conocido, pueden resultar adecuados para la mayoría de aplicaciones un número intermedio de detenciones incluido entre uno y veinte, una longitud de cada movimiento de aproximación 12a, 12b, 12c incluido entre 5 y 200 micras, y una duración de los intervalos de tiempo 15, 15a, 15b incluida entre 0,01 segundos y 1 segundo.

15 De acuerdo con un ejemplo de aplicación del método antes descrito, se trata y suministra a la unidad lógica de control 9 una representación numérica de cada capa del objeto que se va a producir.

20 De acuerdo con los datos suministrados, la unidad lógica 9 determina el número de detenciones intermedias 14, 14a, 14b, 14c, su duración 15, 15a, 15b, 15c, así como la extensión de los movimientos de aproximación 13, 13a, 13b, 13c, 13d, a fin de disponer la superficie de soporte 7a de la placa de moldeo 7 en la posición operativa 17, de manera que se hagan funcionar, consecuentemente, los medios de accionamiento 8.

A continuación, la unidad lógica 9 activa los medios emisores 5 de tal modo que se forma la primera capa solidificada 6'.

La placa de moldeo 7 es entonces movida en alejamiento del fondo 2a con el fin de que la capa solidificada 6' se separe de él.

25 Antes de que se solidifique una capa sucesiva, un segundo movimiento de colocación 11 coloca la capa solidificada previa 6' con la superficie 6a en la posición operativa 17.

30 Lo anterior muestra que el método para producir un objeto tridimensional y la máquina de estereolitografía antes descritos alcanzan los tres propósitos. En particular, el movimiento de colocación intermitente hace posible reducir los esfuerzos sobre la capa solidificada y sobre el fondo del recipiente cuando estos elementos son movidos acercándolos entre sí.

Es posible, por lo tanto, reducir la duración del movimiento de aproximación con respecto a la duración necesaria cuando se utiliza una máquina del tipo conocido, teniendo el objeto una misma forma geométrica.

Por otra parte, el método de la invención está basado en un movimiento intermitente que es fácil de aplicar a máquinas de estereolitografía del tipo conocido por medio de simples modificaciones de los ajustes de la máquina.

35 Al llevarse a la práctica, el método y la máquina que constituyen los objetos de la invención pueden ser sometidos a cambios adicionales que, incluso aunque no se describan en esta memoria ni se ilustren en los dibujos, deben considerarse, todos ellos, protegidos por la presente Patente, siempre y cuando caigan dentro del alcance de las reivindicaciones que siguen.

40 Cuando características técnicas mencionadas en cualquier reivindicación estén seguidas por signos de referencia, estos signos de referencia han sido incluidos con el solo propósito de aumentar la inteligibilidad de las reivindicaciones y, de acuerdo con ello, tales signos de referencia no tienen ningún efecto limitativo en la protección de cada elemento identificado a modo de ejemplo por tales signos de referencia.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método para producir un objeto tridimensional en capas por medio de una máquina de estereolitografía (1) del tipo que comprende:
- 5 - un recipiente (2) para contener una sustancia líquida (3) adecuada para ser solidificada por medio de su exposición a una radiación predefinida (4);
 - medios (5) para emitir dicha radiación predefinida (4), adecuados para irradiar selectivamente una capa (6) de dicha sustancia líquida (3) que tiene un espesor predefinido y dispuesta adyacente al fondo (2a) de dicho recipiente (2), a fin de solidificarla;
 - 10 - una superficie de soporte (6a, 7a) para dicha capa solidificada (6'), situada de cara al fondo (2a) de dicho recipiente (2);
 - medios de accionamiento (8), adecuados para mover dicha superficie de soporte (6a, 7a) con respecto a dicho fondo (2a) al menos de acuerdo con una dirección (Z) perpendicular a dicho fondo (2a);
- de tal manera que dicho método comprende las siguientes operaciones:
- 15 - mover dicha superficie de soporte (6a, 7a) hasta cerca de dicho fondo (2a) por medio de un movimiento de colocación mutua (11; 11'), de tal manera que se dispone en contacto con dicha capa (6) de sustancia líquida, en una posición operativa predefinida (17);
 - irradiar selectivamente, con dicha superficie de soporte (6a, 7a) en dicha posición operativa (17), dicha capa (6) de tal manera que se solidifica,
- 20 **caracterizado por que** dicho movimiento de colocación (11; 11') comprende una pluralidad de movimientos de aproximación (12, 12a, 12b, 12c) que tienen longitudes predefinidas correspondientes (13, 13a, 13b, 13c), separadas por detenciones intermedias correspondientes (14, 14a, 14b), durante intervalos de tiempo predefinidos correspondientes (15, 15a, 15b), de tal modo que dichas detenciones intermedias (14, 14a, 14b) se llevan a cabo cuando dicha superficie de soporte (6a, 7a) se encuentra al menos parcialmente sumergida en dicha sustancia líquida (3).
- 25 2.- Un método de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el valor de al menos un parámetro seleccionado de entre las longitudes (13, 13a, 13b, 13c) de dichos movimientos de aproximación (12, 12a, 12b, 12c), el número de dichas detenciones intermedias (14, 14a, 14b) y los intervalos de tiempo correspondientes (15, 15a, 15b), se determina antes de comenzar dicho movimiento de colocación (11; 11').
- 30 3.- Un método de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** los valores de dichos parámetros seleccionados (13, 13a, 13b, 13c, 14, 14a, 14b, 15, 15a, 15b) se calculan en función del área superficial de dicha superficie de soporte (6a, 7a).
- 4.- Un método de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado por que** los valores de dichos parámetros seleccionados (13, 13a, 13b, 13c, 14, 14a, 14b, 15, 15a, 15b) se calculan en función de la relación entre dicha área superficial y el perímetro de dicha superficie de soporte (6a, 7a).
- 35 5.- Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 y 4, **caracterizado por que** dicho cálculo de dichos parámetros seleccionados (13, 13a, 13b, 13c, 14, 14a, 14b, 15, 15a, 15b) comprende las siguientes operaciones:
- dividir dicha área superficial de dicha superficie de soporte (6a, 7a) en una pluralidad de celdas;
 - asignar a cada celda un factor de ponderación proporcional al número de celdas adyacentes a dicha celda;
 - 40 - sumar dichos factores de ponderación con el fin de obtener un parámetro de forma;
 - calcular los valores de dichos parámetros seleccionados (13, 13a, 13b, 13c, 14, 14a, 14b, 15, 15a, 15b) de acuerdo con dicho parámetro de forma.
- 45 6.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los movimientos de aproximación (12a, 12b, 12c) que siguen a la primera (14) de dichas detenciones intermedias tienen respectivas longitudes (13a, 13b, 13c) que son iguales entre sí.
- 7.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** dicha superficie de soporte (6a) pertenece a dicha capa solidificada (6') de dicho objeto tridimensional.
- 8.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** dicha superficie de soporte (7a) pertenece a una placa de moldeo (7) perteneciente a dichos medios de accionamiento (8).

- 9.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** al menos una (12c) de dichas aproximaciones es tal, que mueve dicha superficie de soporte (6a, 7a) más allá de dicha posición operativa (17), de tal modo que dicho movimiento de colocación (11') finaliza con un movimiento de retroceso (12d) de dicha superficie de soporte (6a, 7a), en alejamiento de dicho fondo (2a).
- 5 10.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones, **caracterizado por que**:
- el número de dichas detenciones intermedias (14, 14a, 14b) está incluido entre 1 y 20;
 - dichas longitudes predefinidas (13, 13a, 13b, 13c) de cada uno de dichos movimientos de aproximación intermedios (12, 12a, 12b, 12c) está incluida entre 5 y 200 micras;
 - la duración de dichos intervalos de tiempo (15, 15a, 15b) está incluida entre 0,01 segundos y 1 segundo.
- 10 11.- Un producto de programación de IT que comprende un soporte de datos provisto de porciones de software configuradas de tal manera que, cuando se ejecutan en un dispositivo programable, hacen que dicho dispositivo programable se configure para controlar una máquina de estereolitografía (1) de acuerdo con el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 12.- Una máquina de estereolitografía (1) que comprende:
- 15 - un recipiente (2) para contener una sustancia líquida (3) adecuada para ser solidificada a través de su exposición a radiación predefinida (4);
- medios (5) para emitir dicha radiación predefinida (4), adecuados para irradiar selectivamente una capa (6) de dicha sustancia líquida (3) que tiene un espesor predefinido y está dispuesta adyacente al fondo (2a) de dicho recipiente (2), a fin de solidificarla;
- 20 - medios de accionamiento (8) adecuados para mover dicha capa solidificada (6') con respecto a dicho fondo (2a), según una dirección (Z) perpendicular a dicho fondo (2a).
- caracterizada por que** comprende una unidad lógica de control (9), conectada operativamente a dichos medios emisores (5) y a dichos medios de accionamiento (8), de tal manera que dicha unidad lógica de control (9) es un dispositivo programable cargado con un producto de programación de IT de acuerdo con la reivindicación 11.
- 25

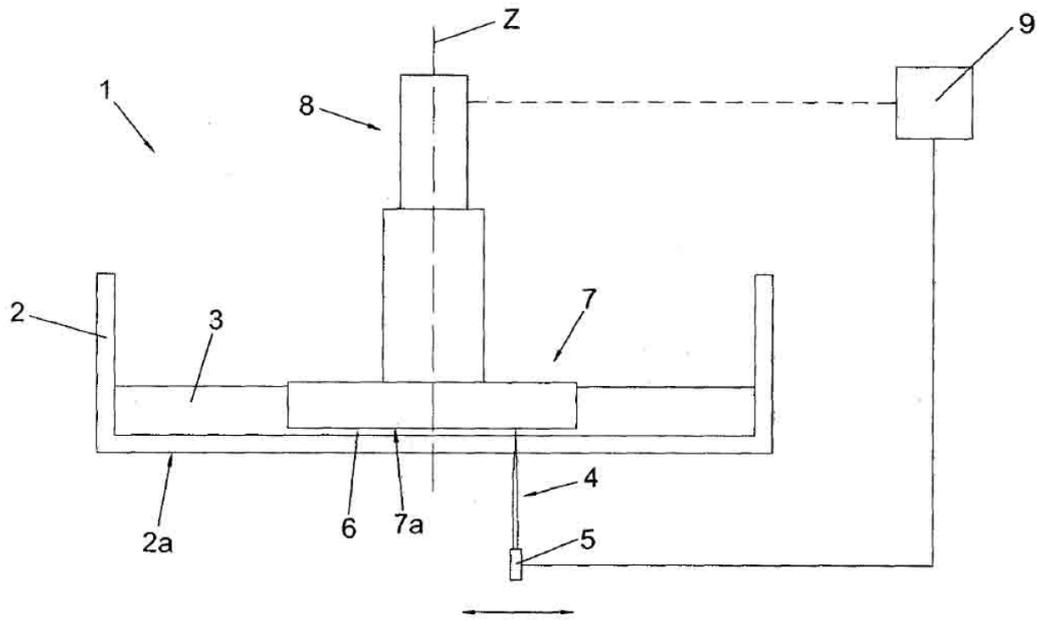


Fig.1

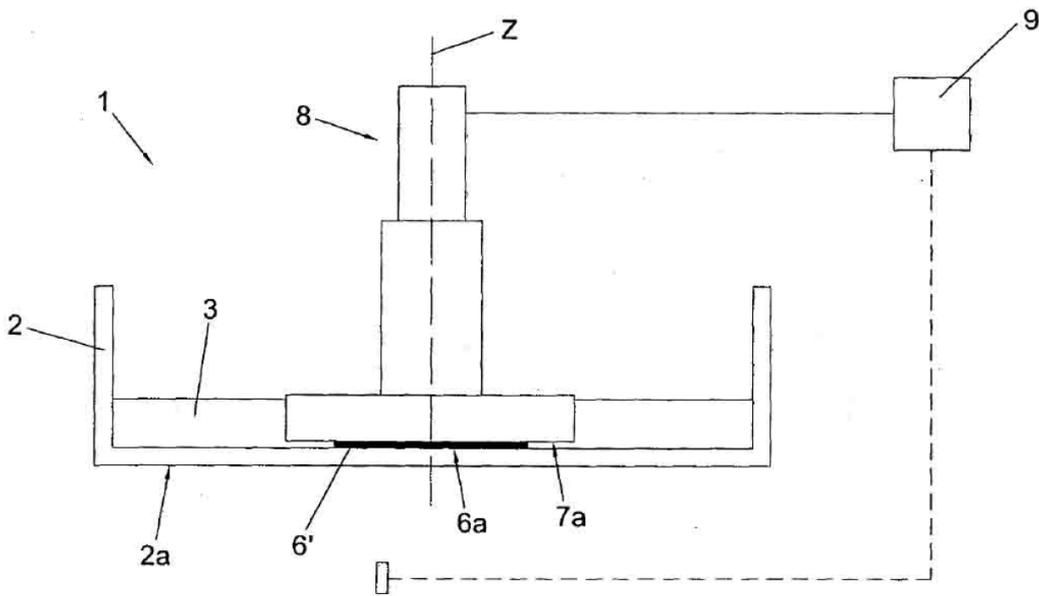


Fig.2

