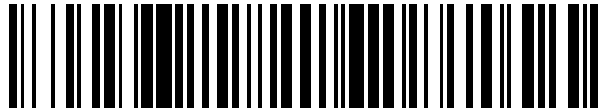


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 299**

21 Número de solicitud: 201990030

51 Int. Cl.:

**B29C 64/30** (2007.01)  
**B29C 64/35** (2007.01)  
**B29C 71/00** (2006.01)  
**B33Y 30/00** (2015.01)  
**B33Y 40/00** (2010.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

**10.10.2017**

30 Prioridad:

**10.10.2016 US 62/406,187**

43 Fecha de publicación de la solicitud:

**20.05.2019**

88 Fecha de publicación diferida del informe sobre el estado de la técnica:

**17.06.2019**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:

**08.01.2020**

Fecha de concesión:

**14.02.2020**

45 Fecha de publicación de la concesión:

**21.02.2020**

73 Titular/es:

**POSTPROCESS TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
2495 Main Street, Suite 615  
14214 Buffalo, New York US**

72 Inventor/es:

**HUTCHINSON, Daniel Joshua**

74 Agente/Representante:

**POLO FLORES, Carlos**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y APARATO DE ELIMINACIÓN DE MATERIAL DE SOPORTE DE UNA PIEZA**

**ES 2 713 299 B2**

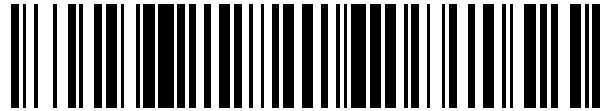
Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.  
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 299**

21 Número de solicitud: 201990030

57 Resúmen:

Un procedimiento para eliminación de material de soporte para piezas impresas en 3D en el que la pieza se coloca en un depósito lleno de líquido y se optimiza la eliminación de soporte en un sistema con múltiples parámetros a través de un procedimiento de inteligencia artificial que puede incluir, pero no se limita a, el uso de datos históricos, datos de pruebas paramétricas, datos de eliminación de soporte normales y salidas de otros modelos de IA de eliminación de soporte para generar un uso eficiente óptimamente de cada parámetro en términos de intervalo de repetición de pulsos (IRP) y un ciclo temporal tal como se define mediante la anchura de pulso (AP). Los parámetros de entrada pueden incluir calor, circulación, ultrasonidos y reacción química, que se usan en secuencia y/o en paralelo, para optimizar la eficiencia de eliminación de soporte. En secuencia y/o en paralelo, la circulación de la bomba de calor y los ultrasonidos pueden variar en aplicación o intensidad. La selección de medios de agitación depende de la retroalimentación supervisada del depósito de eliminación de soporte y de la aplicación de un sistema basado en reglas dinámicas estadísticamente (SBRDE).

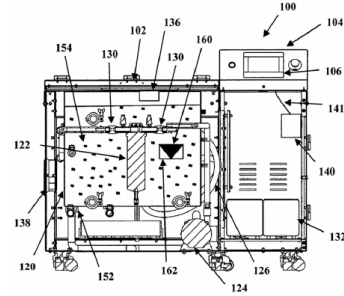


Figura 3A

ES 2 713 299 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.  
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato de eliminación de material de soporte de una pieza

### 5 REFERENCIA CRUZADA A SOLICITUD RELACIONADA

La presente solicitud reivindica el beneficio de la solicitud de patente provisional de los Estados Unidos nº 62/406.187, presentada el 10 de octubre de 2016, solicitud que se incorpora en la presente memoria como referencia en su totalidad y que sigue la Figura 8.

10

### CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención se refiere en general a un procedimiento y aparato para eliminar material de soporte de piezas fabricadas no acabadas, y, más específicamente, a un  
15 procedimiento y aparato para optimizar el procedimiento de eliminación de material de soporte para piezas fabricadas no acabadas que se preparan usando técnicas de fabricación aditiva tales como impresión en 3D.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

20

Una pieza fabricada no acabada puede incluir partes que son necesarias para la fabricación o son un subproducto necesario del procedimiento de fabricación, pero que finalmente no se desean en la forma acabada de la pieza. En la presente memoria dichas partes se refieren como "material de soporte" o simplemente "soporte". En una máquina de eliminación de  
25 soporte convencional, una pieza impresa en 3D no acabada puede someterse a un procedimiento para eliminar material de soporte no deseado, y proporcionar con ello una pieza acabada. En dicho procedimiento, la pieza se coloca en un depósito lleno de líquido, en el que tiene lugar agitación mecánica, abrasión y/o calentamiento de la pieza con el fin de eliminar el material de soporte. La agitación mecánica puede producirse moviendo el líquido  
30 (por ejemplo, mediante una bomba) y/o usando ultrasonidos. En otros de estos procedimientos, la pieza se somete a presión a partir de un pulverizador líquido y/o se trata

con disolventes químicos para disolver el material de soporte, y dejar así la forma acabada de la pieza. En algunos procedimientos de eliminación, la pieza se coloca en una cámara, y se usa una bomba para hacer circular fluido a través de la cámara con el fin de agitar mecánicamente la pieza, mientras el calor de una fuente de calor aumenta la temperatura del fluido. En estas condiciones el material de soporte puede ser eliminado por medios 5 térmicos, químicos, mecánicos o por una combinación de dos o más de estos procedimientos generales.

Los procedimientos tradicionales de eliminación de soporte no consiguen optimizar las 10 velocidades de eliminación de soporte de manera que se maximice el funcionamiento en relación con una pieza fabricada en particular. Los procedimientos usados para controlar la eliminación de soporte son complejos y pueden estar interrelacionados, incluso cuando se aplican en secuencia. Además, a menudo pueden alcanzarse compromisos entre conseguir una rápida eliminación del soporte y el posible daño en la pieza. La eliminación de soporte 15 se ha limitado generalmente al uso de uno o dos procedimientos de eliminación cada vez, o se usa en sistemas en los que cada procedimiento de eliminación puede tener sistemas de control separados que pueden evaluarse independientemente y ajustarse de forma periódica en escenarios controlados. La interrelación entre procedimientos de eliminación, tales como los de agitación, temperatura, químicos y de flujo de fluido, ha sido ignorada en gran medida 20 pese al hecho de que un tipo de procedimiento de eliminación puede facilitar u obstaculizar otro procedimiento de eliminación.

Además, las piezas fabricadas no acabadas se producen en numerosos tamaños, formas y materiales. Algunos procedimientos de eliminación están mejor adaptados que otros, 25 dependiendo del tamaño, la forma y el material de que se trate.

Las máquinas y procedimientos existentes para la eliminación de soporte son propensos a producir daños en la pieza debido al exceso de uso de un procedimiento de eliminación en particular tal como calor, tratamiento químico o abrasión. Por ejemplo, un calor excesivo 30 puede provocar el debilitamiento de las partes delicadas de una pieza, que finalmente puede producir un daño en la pieza. Asimismo, el uso de agitación ultrasónica puede producir el calentamiento de la pieza sin un aumento de temperatura correspondiente del medio en el

que reside la pieza. El resultado puede ser un aumento inesperado y no deseado en la temperatura de la pieza, que provoca daños en las partes delicadas de la pieza. En suma, pueden producirse impactos adversos en numerosos procedimientos que interactúan entre sí, para producir con ello una aplicación subóptima de dichos procedimientos para una 5 pieza en particular.

La aplicación subóptima de cualquier procedimiento puede conducir a un uso ineficiente de la energía y/o el tiempo. Por ejemplo, el uso excesivo de agitación ultrasónica puede producir una generación excesiva de calor y puede requerir un tiempo improductivo mientras 10 el sistema se enfría a una temperatura más óptima, lo que lleva tiempo y provoca así un procedimiento menos eficiente. Las ineficiencias pueden manifestarse a su vez en forma de una duración excesiva para eliminar completamente el material de soporte de la pieza, y/o eliminación excesiva de material de la pieza y/o estropear el acabado superficial de la pieza, Estas pérdidas de eficiencia aumentan los costes operativos.

15

Otro ejemplo de ineficiencia es la aplicación subóptima de agitación, que puede dañar la pieza o conducir a un acabado superficial estropeado de la pieza. Si la intensidad de la agitación es demasiado alta, o si la agitación se efectúa durante un tiempo excesivamente largo, el material de soporte puede eliminarse completamente, pero la superficie de la pieza 20 puede verse erosionada en una medida no deseable. Las piezas resultantes pueden ser inaceptables, lo que lleva a tener que desechar la pieza y volver a empezar.

La combinación de los problemas que surgen del uso de máquinas convencionales para la eliminación del soporte es una incapacidad de controlar de manera precisa los procedimientos 25 de eliminación. A menudo, las máquinas convencionales proporcionan al usuario la capacidad simplemente de aplicar o no aplicar un procedimiento en particular, tal como temperatura, pH químico o agitación, que se suman de manera efectiva para proporcionar un "conmutador activo/inactivo". Por ejemplo, cuando se elimina material de soporte usando agitación, una bomba circulante puede ajustarse normalmente al 100% de potencia o al 0% 30 de potencia. Si se limita la elección del usuario a sólo el 100% o el 0%, el resultado puede ser la incapacidad de optimizar el procedimiento, y un aumento en el potencial de daños en la pieza.

Los múltiples procedimientos de eliminación de soporte que operan simultáneamente en una máquina dada podrían producir una mayor eficiencia. Sin embargo, los procedimientos tradicionales para manejar múltiples tipos de procedimientos de eliminación de soporte 5 están limitados en la actualidad a (a) una aplicación aleatoria de procedimientos, (b) una aplicación manual de procedimientos y (c) una secuencia temporal de diversos procedimientos. En la mayoría de los casos, los procedimientos se activan basándose en criterios predeterminados, protocolos establecidos, procedimientos en secuencia, enfoques basados en el tiempo, el criterio del operador o combinaciones de los mismos, y producen la 10 eliminación indiscriminada de material de soporte, y no consiguen tener en cuenta adecuadamente el grado en el que debería eliminarse el material de soporte de una pieza no acabada. Por ejemplo, un taller de acabado que usa sólo procedimientos basados en el tiempo se encontrará con que dichos procedimientos son altamente ineficientes debido a la amplia variedad de piezas y materiales que pueden usarse en una máquina en particular. 15 Por ejemplo, un procedimiento basado en el tiempo podría disolver fácilmente una pieza entera si el tiempo de ejecución no se ajustara de forma apropiada, o si algún otro parámetro se fijara de forma demasiado agresiva para la pieza en particular.

Los operadores de máquinas de eliminación de soportes se enfrentan a la difícil tarea de 20 controlar parámetros del procedimiento que tienen relaciones no lineales, algunos de los cuales se han indicado anteriormente, a la vez que mantienen la capacidad de eliminar material de soporte en el momento oportuno. Como el mayor de estos retos se sitúa el hecho de que piezas diferentes pueden reaccionar de manera distinta a las mismas condiciones del procedimiento. Optimizar simultáneamente el rendimiento calorífico, la 25 agitación ultrasónica, el pH, la velocidad de giro de la pieza u otros aspectos es una tarea de enorme complejidad, y puede resultar poco realista pensar en que un operador puede hacerlo manualmente. Además, las demandas industriales pueden imponer restricciones adicionales que imponen restricciones importantes en las condiciones operativas para las máquinas de eliminación de soportes y sus operadores.

30

Para aumentar la eficiencia, las máquinas de eliminación de soportes pueden someterse a reglas formuladas a partir de las experiencias de los operadores, los datos de diseño, los

principios científicos generales y las pruebas periódicas. Sin embargo, estas reglas en solitario no pueden dar cabida al conjunto diverso de condiciones operativas con que pueden encontrarse los operadores en su labor cotidiana. Además, los sistemas basados en parámetros que varían con el tiempo o de forma aleatoria no pueden en solitario ofrecer las 5 mejores opciones debido a la complejidad de las piezas individuales y los procedimientos de agitación.

Así, se ha percibido desde hace tiempo la necesidad de un procedimiento y un aparato para eliminar automáticamente el material de soporte de las piezas, ya se preparen a partir de 10 técnicas tradicionales o de fabricación aditiva, y para optimizar el procedimiento de eliminación de material de soporte a medida que el procedimiento avanza en intervalos de tiempo definidos modificando ciertos parámetros del procedimiento.

#### BREVE RESUMEN DE LA INVENCION

15

La presente invención puede contemplarse como un procedimiento para eliminar el material no deseado de una pieza no acabada fabricada. Dicho procedimiento puede incluir características para optimizar el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte que tiene una pluralidad de procedimientos de eliminación. En dicho procedimiento puede 20 generarse un modelo de funcionamiento y usarse para controlar el funcionamiento de la máquina de eliminación de soporte. El modelo puede estar provisto de una pluralidad de parámetros de entrada asociados con el funcionamiento de la máquina de eliminación de soporte, y usando estos parámetros de entrada, el modelo puede generar uno o más parámetros de salida. Cada parámetro de salida puede asociarse con un objetivo de la 25 máquina de eliminación de soporte. El procedimiento puede llevarse a cabo de manera que identifique uno o más incrementos de tiempo consecutivos, y durante cada incremento de tiempo tomar una o más decisiones que buscan conseguir uno o más de los objetivos deseados. Al menos una de las decisiones está asociada con al menos una variable discreta de funcionamiento correspondiente a la máquina de eliminación de soporte y basada en el 30 modelo. La máquina de eliminación de soporte puede hacerse funcionar de acuerdo con las decisiones.

Por ejemplo, en un procedimiento de este tipo que esté de acuerdo con la invención, puede colocarse una pieza impresa en 3D que tiene material de soporte en un depósito con un detergente líquido. Los parámetros iniciales en el depósito, lo que incluye, pero no se limita a temperatura y pH, pueden caracterizarse y usarse para determinar la cantidad y el tipo de 5 energía que debería aplicarse a la pieza con el fin de eliminar el material de soporte. Los parámetros iniciales para la máquina de eliminación de soporte pueden basarse en las experiencias del operador, los datos de diseño estático, principios térmicos generales y/o pruebas periódicas. Por ejemplo, un objeto sólido o denso puede requerir un tiempo de calentamiento inicial más alto que un objeto hueco. Los ajustes iniciales pueden predecirse 10 basándose en la experiencia previa con objetos similares y en los principios térmicos conocidos por el operador, de manera que el operador puede ser una persona o un programa informático.

En algunas realizaciones de la invención, los parámetros iniciales del procedimiento, tales como una temperatura en torno a un ajuste de temperatura inicial predicha, pueden ser 15 seleccionados por un usuario y los efectos en el depósito pueden medirse a lo largo de un intervalo de tiempo para determinar un valor óptimo para un procedimiento completo.

Una vez que una pieza que tiene una estructura de eliminación de soporte se coloca en el 20 depósito, puede usarse una bomba para hacer que el medio (por ejemplo, un líquido) fluya a través del depósito. El flujo del medio puede hacer que una o más piezas en el medio giren y/o mantengan una posición general dentro del depósito, y después de un periodo de tiempo, pueden realizarse medidas de la pieza. Dichas medidas pueden incluir la cantidad de material de soporte eliminado, o la cantidad de material de soporte que queda por 25 eliminar. Pueden usarse sensores montados en o cerca del depósito para obtener dichas medidas. En respuesta a estas medidas, los parámetros del procedimiento de eliminación pueden modificarse y/o ajustarse para alcanzar un resultado deseado. Después de realizar una pluralidad de dichas medidas, la serie concreta de parámetros operativos efectuada por la máquina de eliminación de soporte puede optimizarse para una pieza en particular, y 30 dicho sistema puede facilitar mejores predicciones que lograrán una eliminación más eficiente de soporte en el futuro, no sólo para esa pieza en particular, sino también para otras piezas semejantes a ella. Al actuar así, las predicciones iniciales de los parámetros



operativos pueden realizarse de forma más precisa, y las alteraciones posteriores en el procedimiento y/o los ajustes en los parámetros pueden ser menores.

Dependiendo de las características de una pieza en particular, puede usarse un procedimiento preferido de agitación, tal como degradación química o térmica del material de soporte. Sin embargo, cuando la aplicación de un procedimiento preferido se convierte en subóptima, puede activarse un procedimiento de agitación alternativo durante un periodo de inactividad para un procedimiento preferido. El procedimiento de agitación alternativo se determina después de un intervalo de tiempo definido si dicho procedimiento alternativo aumentaría la eficiencia del procedimiento. Después del periodo de inactividad para un procedimiento preferido, el sistema de eliminación de soporte de la presente invención puede volver al procedimiento preferido hasta que se vuelva a alcanzar un límite superior de un parámetro de diseño, tal como la temperatura, momento en el cual se desactivará de nuevo el procedimiento preferido durante un periodo de inactividad. Si un parámetro de diseño supera un límite superior, entonces el procedimiento se convertirá en subóptimo. La máquina de eliminación de soporte tiene sensores que pueden incluir sensores de temperatura y/o pH para recibir una retroalimentación y alternativamente desactivar diferentes procedimientos de agitación.

Para limitar los daños en la pieza, cada procedimiento de agitación se somete a vigilancia al objeto de elevar al máximo la eliminación de soporte mientras se deja intacta la pieza sin material de soporte. Con atención en particular a piezas impresas en 3D de plástico, es fundamental vigilar cada medio de agitación para limitar el aumento de temperatura de la pieza ya que los materiales plásticos pueden deformarse cuando temperatura se hace demasiado elevada. A diferencia de los sistemas de eliminación de soporte existentes, en la presente invención se emplea una diversidad de medios de agitación en secuencia o en paralelo dependiendo de las retroalimentaciones de un algoritmo de agitación (AGA). El procedimiento de la presente invención usa calor, bombeo, ultrasonidos y medios químicos para mejorar la eliminación de soporte. La agitación con ultrasonidos produce cavitación de los detergentes en la proximidad inmediata del material de soporte mientras que las reacciones químicas y el bombeo pueden funcionar de manera sinérgica para promover la eliminación de material de soporte.

Además, la presente invención incluye en sentido extenso un procedimiento de eliminación de material de soporte de una pieza, que incluye la colocación de una pieza con material de soporte dentro de una cámara, teniendo la cámara un medio dispuesto en su interior, el  
5 ajuste de un conjunto de primeros parámetros del medio durante un primer intervalo de tiempo, la medida de un primer efecto del medio que tiene los primeros parámetros impartidos al material de soporte durante el primer intervalo de tiempo antes del final del primer intervalo de tiempo por medio de un primer sensor dispuesto operativamente para ver la pieza en el interior de la cámara, el análisis de las medidas del primer sensor, la  
10 determinación de un conjunto de segundos parámetros del medio durante un segundo intervalo de tiempo, el ajuste del medio a los segundos parámetros durante el segundo intervalo de tiempo, la repetición del procedimiento durante una pluralidad de intervalos de tiempo consecutivos hasta que se haya alcanzado un tiempo de ejecución para el procedimiento y la eliminación de la pieza de dicha cámara después de que se haya  
15 alcanzado el tiempo de ejecución para el procedimiento.

Por otra parte, la presente descripción describe en sentido extenso un aparato para la eliminación de material de soporte, que incluye una cámara dispuesta operativamente para recibir una pieza que tiene un material de soporte, un medio colocado dentro de la cámara,  
20 de manera que el medio comprende la pieza, una unidad de control de temperatura dispuesta para variar la temperatura del medio dentro de la cámara, un agitador dispuesto para agitar el medio dentro de la cámara, una bomba dispuesta operativamente para hacer circular el medio dentro de la cámara, un primer sensor dispuesto operativamente para detectar un primer conjunto de parámetros del medio y una unidad de control conectada en  
25 comunicación con el primer sensor, en el que durante el funcionamiento del aparato, el primer sensor transmite el primer conjunto de parámetros a la unidad de control, la unidad de control analiza el primer conjunto de parámetros para determinar un segundo conjunto de parámetros del medio, enviando la unidad de control el segundo conjunto de parámetros a la unidad de control de temperatura, la bomba y el agitador.

30

Asimismo, la presente descripción describe en sentido extenso un procedimiento de eliminación de material de soporte de una pieza, que incluye la determinación de un primer

conjunto de parámetros de un medio dispuesto dentro de una cámara, el sometimiento de una pieza con material de soporte al medio que tiene el primer conjunto de parámetros durante un primer intervalo de tiempo, la determinación de un segundo conjunto de parámetros del medio antes del fin del primer intervalo de tiempo, el sometimiento de la  
5 pieza con material de soporte al medio que tiene el segundo conjunto de parámetros durante un segundo intervalo de tiempo, siendo el segundo intervalo de tiempo más corto que el primer intervalo de tiempo, la repetición del procedimiento durante una pluralidad de intervalos de tiempo consecutivos hasta que se haya alcanzado un tiempo de ejecución para el procedimiento y la eliminación de la pieza del medio después de que se haya alcanzado  
10 el tiempo de ejecución para el procedimiento.

Un objeto principal de la presente invención es proporcionar un sistema de optimización de eliminación de soporte, procedimiento, y un aparato que usa los cálculos basados en los datos operativos históricos y en tiempo real adquiridos a partir de los sistemas de control de  
15 eliminación de soporte.

Además, otro objeto de la presente invención es proporcionar un sistema de optimización de eliminación de soporte y un procedimiento que determine de forma óptima cuándo y qué componente de agitación de eliminación de soporte debe seleccionarse y señalarse para su  
20 activación.

Por otra parte, otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para optimizar el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte en el que se determinan una o más decisiones durante al menos un incremento de tiempo consecutivo,  
25 en el que al menos una de las decisiones está asociada con una variable discreta para el funcionamiento de un componente de agitación de eliminación de soporte.

Estos y otros objetos, características y ventajas de la presente invención serán fácilmente evidentes a través de la revisión de la siguiente descripción detallada, a la vista de los  
30 dibujos y las reivindicaciones adjuntas.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La naturaleza y el modo de funcionamiento de la presente invención se describirán a continuación de forma más completa en la siguiente descripción detallada de la invención tomada junto con las figuras adjuntas, en las que:

5

la Figura 1 es una vista en perspectiva de un aparato de eliminación de material de soporte;

la Figura 2 es una vista lateral del aparato de eliminación de material de soporte representado en la Figura 1;

10

la Figura 3A es una vista en sección transversal del aparato de eliminación de material de soporte tomada generalmente a lo largo de la línea 3A-3A en la Figura 2;

la Figura 3B es una vista en sección transversal del aparato de eliminación de material de  
15 soporte tomada generalmente a lo largo de la línea 3B-3B en la Figura 2;

la Figura 4 es una vista en perspectiva de una cámara interna dispuesta dentro del aparato de eliminación de material de soporte representado en la Figura 3A;

20 la Figura 5 es un organigrama que ilustra una visión general del funcionamiento general de un procedimiento de eliminación de material de soporte según la presente invención;

la Figura 6 es un organigrama que describe la optimización del procedimiento de eliminación de material de soporte según una primera realización de la presente invención; y,

25

la Figura 7 es un organigrama que describe la optimización del procedimiento de eliminación de material de soporte según otra realización de la presente invención.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

30

Para empezar, debe observarse que números de referencia iguales en diferentes vistas de dibujos identifican elementos estructurales idénticos, o funcionalmente similares, de la

invención. Debe entenderse que la presente invención no se limita a los aspectos descritos.

Además, se entiende que la presente invención no se limita a la metodología, los materiales, o las modificaciones particulares descritos y, de este modo, la invención puede variar con respecto a lo descrito en la presente memoria. Se entiende también que la terminología usada en la presente memoria tiene por fin describir aspectos particulares.

Salvo que se defina lo contrario, todos los términos técnicos y científicos usados en la presente memoria tienen el mismo significado que entienden normalmente los expertos en la materia a los que se dirige la presente invención. Debe entenderse que cualquier procedimiento, dispositivo o material similar o equivalente a los descritos en la presente memoria puede usarse en la práctica o en las pruebas del procedimiento y el aparato.

Además, tal como se usa en la presente memoria, "y/o" se aplican a una conjunción gramatical usada para indicar que pueden incluirse o producirse uno o más de los elementos o condiciones recogidos. Por ejemplo, debe entenderse que un dispositivo que comprende un primer elemento, un segundo elemento y/o un tercer elemento es cualquiera de las siguientes disposiciones estructurales: un dispositivo que comprende un primer elemento; un dispositivo que comprende un segundo elemento; un dispositivo que comprende un tercer elemento; un dispositivo que comprende un primer elemento y un segundo elemento; un dispositivo que comprende un primer elemento y un tercer elemento; un dispositivo que comprende un primer elemento, un segundo elemento y un tercer elemento; o, un dispositivo que comprende un segundo elemento y un tercer elemento

Además, tal como se usa en la presente memoria, "optimización" debe entenderse como un acto, procedimiento o metodología de fabricación de algo (tal como un diseño, sistema o decisión) lo más totalmente perfecto, funcional o efectivo que sea posible. Por ejemplo, un procedimiento óptimo conseguirá los mejores resultados posibles del procedimiento dentro de los intervalos de parámetros en que el procedimiento puede funcionar. Además, tal como se usa en la presente memoria, "determinación" debe entenderse como el acto de recibir información de un sensor y de ejecutar un algoritmo usando esa información para producir una salida, por ejemplo, por medio de un ordenador que está programado según este

algoritmo.

En referencia a continuación a las figuras, la Figura 1 es una vista en perspectiva del aparato de eliminación de material de soporte **100**. El aparato de eliminación de material de soporte **100** incluye en sentido extenso una sección de cámara **102**, una sección de unidad de control **104**, una pantalla de entrada de control **106**, puertas de acceso **108A**, **108B** y **108C** y una tapa **110**. Dentro de la sección de cámara **102** está la cámara **120** (mostrada en la Figura 3A). Dentro de la sección de unidad de control **104** está la unidad de control **140**. La pantalla de entrada de control **106** puede estar colocada de manera que un usuario pueda introducir ciertos parámetros operativos que serán aplicados por el aparato **100**.

Las Figuras 3A y 3B muestran que la cámara **120** puede disponerse dentro de la sección de cámara **102**, y que dentro de la sección de cámara **102** puede haber un filtro **122**, una bomba **124**, sensores de presión **130**, sensor de piezas **136**, unidad de enfriamiento **138**, transductor ultrasónico **142** (mostrado en la Figura 3B), unidad de calentamiento **150** (mostrada en la Figura 4) y sensor de temperatura **152**. El medio **154** puede estar dispuesto operativamente dentro de la cámara **120**. El medio **154** puede ser un fluido o una pluralidad de cuerpos abrasivos, o una combinación de los mismos. La bomba **124** puede estar conectada con la cámara **120** por medio de conducciones **126**, que se fijan a la cámara **120** en posiciones en torno al perímetro de la cámara **120**. Dicha disposición y con una orientación apropiada de las conducciones **126** con respecto a la cámara **120** puede hacerse que el medio **154** se desplace desde un vórtice dentro de la cámara **120**. Este vórtice permite un mezclado uniforme y completo de las piezas **160** que tienen material de soporte **162** que debe ser eliminado. Es deseable tener las piezas **160** mezcladas de forma uniforme y completa con el medio para asegurar una eliminación uniforme del material de soporte y/o un acabado superficial. El sensor de piezas **136** puede disponerse operativamente dentro de la sección de cámara **102** y puede ser capaz de llevar un seguimiento del medio efectivo **154** en la pieza **160** lo que incluye el seguimiento del material de soporte **162**. Por ejemplo, el sensor de piezas **136** puede usarse para realizar un seguimiento de la cantidad de material de soporte **162** que ha sido eliminado durante un intervalo de tiempo específico. El sensor de piezas **136** puede ser un sensor óptico, de infrarrojo, térmico o acústico, que puede detectar la velocidad de deterioro de la pieza **160** y

el material de soporte **162**. La unidad de enfriamiento **138** puede ser cualquier dispositivo de enfriamiento adecuado, y puede incluir un ventilador. La unidad de enfriamiento **138** y la unidad de calentamiento **150** pueden usarse para enfriar o calentar el medio **154** dentro de la cámara **120** durante el funcionamiento del aparato **100**. Los sensores de presión **130** pueden estar dispuestos dentro de la sección de cámara **102** (por ejemplo, conectados operativamente con las conducciones **126** tal como se muestra en la Figura 3A) para detectar la presión del medio **154** en la descarga de la bomba **124**.

Dispuestos en la sección de unidad de control **104** del aparato **100** pueden estar la pantalla de entrada de control **106**, la unidad de control **140** y los generadores de ondas ultrasónicas **132**. La pantalla de entrada de control **106** puede conectarse en comunicación con la unidad de control **140** por medio del cable **141**. La unidad de control **140** puede estar conectada en comunicación con la bomba **124**, los sensores de presión **130**, el sensor de piezas **136**, la unidad de enfriamiento **138**, la unidad de calentamiento **150**, los generadores de ondas ultrasónicas **132** y el sensor de temperatura **152**.

La Figura 3B es una vista en sección transversal del aparato de eliminación de material de soporte **100** tomada generalmente a lo largo de la línea 3B-3B en la Figura 2. Tal como se muestra en la Figura 3B, el transductor ultrasónico **142** puede montarse y orientarse con respecto a la cámara **120** con el fin de agitar el medio **154**. Debe observarse que pueden usarse otros tipos de agitadores con el fin de agitar adecuadamente el medio **154**. Después de la cámara **120** hay una cámara de rebosamiento **148** (mostrada en la Figura 3B). La cámara de rebosamiento **148** está dispuesta para permitir que el medio **154** fluya desde la cámara **120** pero impedir que la pieza **160** salga de la cámara **120**. El medio **154** fluye sobre el rebosadero **146** en la cámara de rebosamiento **148**. A medida que el medio **154** fluye sobre el rebosadero **146**, el medio pasa a través de un tamiz de filtrado **144**, que filtra las piezas más grandes de la pieza **160** o el material de soporte **162** que pudieran haberse roto durante el procedimiento de eliminación de soporte. Desde la cámara de rebosamiento **148**, el medio fluye al lado de aspiración de la bomba **124**.

30

La Figura 4 es una vista en perspectiva de cámara **120**. La unidad de calentamiento **150** puede fijarse a la cámara **120**. El sensor de temperatura **152** puede disponerse detrás de la

unidad de calentamiento **150** y también puede estar fijado a la cámara **120**. La cámara **120** incluye una abertura **121** que permite que un operador coloque piezas en la cámara **120**. A la abertura **121** puede accederse levantando la tapa **110** (mostrada en la Figura 1) de la sección de cámara **102**.

5

La Figura 5 es un organigrama que describe en general el funcionamiento de un procedimiento de eliminación de material de soporte. En dicho procedimiento, una pieza **160** se coloca **200** dentro de la cámara **120**. La pieza puede prepararse usando técnicas de fabricación tradicional, tales como colada, forja o moldeo por inyección, o puede prepararse  
 10 usando técnicas de fabricación aditiva tales como impresión en 3D. La pieza **160** comprende en general material no deseado, que en la presente memoria se refiere como material de soporte **162**, que a menudo es un subproducto de fabricación, tal como rebaba de una forja o rebabas del mecanizado de la pieza **160**. Después de que la pieza **160** se coloca dentro de la cámara **120**, la bomba **124** puede activarse **202** para iniciar el flujo del medio **154**  
 15 alrededor de la pieza **160**. Debido a la activación **202** de la bomba **124**, la pieza **160** gira **204** en la cámara **120**. El vórtice que puede formarse en el medio **154** como consecuencia de la activación **202** de la bomba **124** hace girar la pieza **160** dentro del medio **154** para conseguir la cubierta superficial de la pieza **160**. A medida que la pieza **160** gira en la cámara **124**, el transductor ultrasónico **142** puede activarse **206**. La activación **206** del transductor  
 20 ultrasónico **142** agita el medio **154** que rodea a la pieza **160** con el fin de aumentar la velocidad de eliminación de material de soporte **162** de la pieza **160**. Mientras se produce la agitación del medio **154**, la pieza **160** sigue girando dentro de la cámara **120** para asegurar una cobertura completa de pieza de la pieza **160** por el medio **154**. Después de que el procedimiento elimina el material de soporte no deseado **162**, la pieza acabada **160** se  
 25 elimina **210** de la cámara **120**.

La Figura 6 es un organigrama que muestra una realización de un procedimiento de eliminación del material de soporte de una pieza no acabada fabricada. Un usuario coloca una pieza en la cámara **120** llena de un medio **154**. En la etapa **300**, el usuario elige ciertos  
 30 parámetros del procedimiento completo, tales como el tiempo de ejecución, la temperatura y el nivel de intensidad. El nivel de intensidad es un factor que está relacionado con lo agresivamente que se elimine el material de soporte **162** de la pieza **160**. Al seleccionar el



nivel de intensidad, se seleccionan automáticamente los ajustes preseleccionados correspondientes para los procedimientos de eliminación tales como el nivel de agitación ultrasónica y/o la presión de la bomba, y/o la temperatura del medio **154**. Usando los parámetros introducidos de la etapa **300**, la unidad de control **140** proporcionará a 5 continuación estos parámetros a la etapa de algoritmo **301**. En la etapa **301**, un algoritmo determina la rapidez con que aumentarán los procedimientos de eliminación para alcanzar los parámetros seleccionados. Dado que la agitación ultrasónica, la presión de la bomba, el pH del medio y la temperatura tienen todos un efecto en la pieza **160**, la interacción de cada parámetro con los demás puede compensarse para hacer el procedimiento lo más 10 predecible sabiendo la magnitud con que cada parámetro puede influir en los otros cuando se modifica ese parámetro. Usando los ajustes de la etapa **300**, la etapa de algoritmo **301** determina los puntos de partida para cada procedimiento de eliminación, por ejemplo el nivel de agitación, la presión de la bomba, la temperatura y el tiempo durante el cual se realizará cada procedimiento de eliminación en un escenario en particular. Cada parámetro será 15 objeto de un seguimiento individual y en paralelo con los demás durante intervalos de tiempo definidos. Por ejemplo, la etapa **302** incluye el ajuste de la temperatura con el nivel de intensidad determinado por la etapa de algoritmo **301**. La etapa **304** incluye la ejecución del procedimiento en la temperatura de ajuste de la etapa **302** durante un primer intervalo de tiempo definido. Asimismo, en la etapa **306** se verifica la temperatura.

20

De forma similar, la etapa **312** incluye el ajuste de la agitación ultrasónica al nivel de la etapa de algoritmo **301**. La etapa **314** incluye la ejecución del procedimiento en el nivel de agitación ajustado de la etapa **312** durante el primer intervalo de tiempo definido. Asimismo, en la etapa **316** se comprueba el nivel de agitación.

25

La etapa **322** incluye el ajuste de la presión de la bomba al nivel de la etapa de algoritmo **301**. La etapa **324** incluye la ejecución del procedimiento en la presión de la bomba ajustada de la etapa **324** durante el primer intervalo de tiempo predefinido. Asimismo, en la etapa **326** se comprueba la presión de descarga de la bomba.

30

Además, la etapa **332** incluye el ajuste del pH del medio al nivel de la etapa de algoritmo **301**. La etapa **334** incluye la ejecución del procedimiento en el nivel de pH del medio

ajustado de la etapa **332** durante un primer intervalo de tiempo definido. Asimismo, en la etapa **336** se comprueba el pH del medio.

Una vez verificados 306, 316, 326, 336, pueden reenviarse los valores de temperatura, nivel 5 de agitación, presión de descarga de la bomba y pH del medio a la etapa de algoritmo **301**, en la que puede determinarse un segundo conjunto de parámetros para la temperatura, el nivel de agitación, la presión de la bomba y el pH. Usando el segundo conjunto de parámetros, el procedimiento se vuelve a ejecutar durante un segundo intervalo de tiempo definido. Debe observarse que el segundo intervalo de tiempo puede ser más corto que el 10 primer intervalo de tiempo. El procedimiento puede ejecutarse a través de una pluralidad de intervalos de tiempo antes de terminar el procedimiento. De este modo, el procedimiento es iterativo, que trabaja para optimizar el procedimiento de eliminación de soporte en una duración de tiempo especificada. Este procedimiento conserva globalmente los parámetros cerca de un nivel deseado en cada iteración del procedimiento. En una realización preferida, 15 la etapa de algoritmo **301** usa una base de datos de parámetros que ha sido formulada a partir de una pluralidad de ejecuciones del procedimiento en otras piezas usando el mismo aparato y procedimiento. El análisis de estos parámetros puede permitir la optimización del procedimiento con respecto al procedimiento de una pieza en particular.

20 La Figura 7 es un organigrama que muestra otra realización de un procedimiento de eliminación de material de soporte. Esta realización del procedimiento de eliminación de material de soporte es similar a la primera realización del procedimiento mostrado en la Figura 6, con la salvedad de que se incluye la etapa adicional **350**. La etapa **350** es el escaneo de la pieza dentro de la máquina mientras el material de soporte se está retirando. 25 Dicho escaneo puede usarse para determinar (a) la cantidad de material de soporte eliminada de la pieza, (b) la cantidad de material de soporte que queda en la pieza, o (c) ambas, (a) y (b). Esta información, o medida, puede enviarse a la etapa de algoritmo **301** a que los datos que se usan para determinar los niveles de parámetros para el procedimiento. Mediante la evaluación de la medida de la etapa **350**, el procedimiento podrá adaptarse 30 dependiendo de la efectividad que tenga el procedimiento durante uno o más intervalos de tiempo anteriores. Además, debe observarse también que la etapa **350** puede ser una medida en tiempo real del material de soporte en la pieza, o una evaluación de un modelo

de diseño asistido por ordenador (CAD) de la pieza. La información obtenida mediante el escaneo **350** de la pieza puede ser usada por el algoritmo en la etapa **301** para realizar de manera más eficiente una determinación de los parámetros seleccionados para el procedimiento.

5

En la descripción precedente se describen realizaciones de ejemplo. La memoria descriptiva y los dibujos deben verse en consecuencia en un sentido ilustrativo más que restrictivo.

Se observará que varios aspectos de la invención descrita anteriormente y otras  
10 características y funciones, o alternativas de los mismos, pueden combinarse de forma deseable en otros muchos sistemas o aplicaciones diferentes. Posteriormente pueden realizarse diversas alternativas, modificaciones, variaciones o mejoras en la misma antes no previstas ni anticipadas por parte de los expertos en la materia que pretenden también estar comprendidas por las siguientes reivindicaciones.

15

#### LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

**100** aparato de eliminación de material de soporte

**102** sección de cámara

20 **104** sección de unidad de control

**106** pantalla de entrada de control

**108A** puerta de acceso

**108B** puerta de acceso

**108C** puerta de acceso

25 **110** tapa

**120** cámara

**121** abertura

**122** filtro

**124** bomba

30 **126** conducciones

**130** sensor de presión

**132** generador ultrasónico

- 136** sensor
- 138** unidad de enfriamiento
- 142** transductor ultrasónico
- 144** tamiz de filtrado
- 5 **146** rebosadero
- 148** cámara de rebosamiento
- 150** unidad de calentamiento
- 152** sensor de temperatura
- 154** media
- 10 **160** pieza
- 162** material de soporte
- 200** etapa de colocación
- 202** etapa de activación
- 204** etapa de rotación
- 15 **206** etapa de agitación
- 210** etapa de eliminación
- 300** etapa de introducción de parámetros inicial
- 301** etapa de algoritmo
- 302** etapa de ajuste de temperatura
- 20 **304** etapa de ejecución del procedimiento
- 306** etapa de comprobación de la temperatura
- 312** etapa de ajuste del nivel de agitación
- 314** etapa de ejecución del procedimiento
- 316** etapa de comprobación del nivel de agitación
- 25 **322** etapa de ajuste de la presión de la bomba
- 324** etapa de ejecución del procedimiento
- 326** etapa de comprobación de presión de la bomba
- 332** etapa de ajuste de pH/nivel de líquido
- 334** etapa de ejecución del procedimiento
- 30 **336** etapa de comprobación de pH/nivel de líquido
- 350** etapa de escaneo

El documento de Estados Unidos 62/406.187 forma parte de esta solicitud y se recoge a continuación de esta página.

Procedimiento de automodificación para eliminación de estructura de soporte rotacional en piezas impresas en 3D

## CAMPO

5

La presente invención se refiere en general al funcionamiento de una máquina y un sistema de eliminación de soporte para piezas impresas en 3D, y más en particular a un procedimiento y aparato para optimizar el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte para piezas impresas en 3D usando técnicas de inteligencia artificial.

10

## ANTECEDENTES

En una unidad de eliminación de soporte convencional puede colocarse una pieza impresa en 3D en un depósito lleno de líquido para agitación mecánica y calentamiento, someterse a  
15 presión de una pulverización de líquido o tratarse con disolventes químicos para disolver el material de soporte, dejando sólo la pieza completada. Puede conectarse una bomba al depósito para crear flujo de líquido, aspiración y presión, que con ello hace girar o agita mecánicamente de otro modo la pieza, mientras que el calor de una fuente de calor aumenta la temperatura del fluido que rodea a la pieza para eliminar el material de soporte. El  
20 material de soporte puede fundirse, o ser eliminado de otro modo, dejando sólo la pieza como resto. También se ha usado una pulverización de líquido a alta presión para eliminar la eliminación de soporte de la pieza. En las máquinas convencionales se ha implementado la eliminación de soporte modificando los parámetros de máquina que incluyen calor, movimiento del fluido, ultrasonidos y disolución química.

25

La eliminación de soporte se ha limitado generalmente al uso de un medio de eliminación de soporte en un tiempo o se ha usado en sistemas en los que cada tipo de eliminación de soporte puede tener sistemas de control separados que pueden evaluarse y ajustarse de manera periódica con ajustes controlados. La alta interrelación entre las eliminaciones de  
30 soporte eficientes por diversos procedimientos, señaladas anteriormente, exige una combinación óptima de parámetros de máquina variables dinámicamente y estrategias de eliminación para conseguir los mayores beneficios. Lo mejor es que las técnicas se adapten

para dar cabida a diversos tamaños, formas y materiales de pieza y deben automatizarse para elevar al máximo la eficiencia de trabajo y energía.

Uno de los efectos negativos de la eliminación de soporte convencional son los daños en la 5 pieza debidos al exceso de uso de una técnica de eliminación de soporte en particular tal como calor, tratamiento químico o abrasión. Una transferencia de energía excesiva puede provocar el debilitamiento de piezas delicadas que finalmente puede producir daños en la pieza. Los impactos de agitación adversos proceden de numerosos factores, tales como el calor, y pueden proceder del uso subóptimo para las geometrías dadas y los tipos de 10 material de la pieza cuando se aplican con una técnica convencional.

La aplicación subóptima de cualquier medio de agitación conduce a un uso ineficiente de energía. El uso excesivo de un medio, por ejemplo calor, puede requerir un tiempo de inactividad mientras el depósito se enfría a una temperatura más óptima, creando un 15 procedimiento menos eficiente. Las cantidades insuficientes de calor conducen a tiempos de eliminación de soporte más prolongados. Esta pérdida en la eficiencia se traduce en un mayor consumo de energía y trabajo, y puede requerir un uso más prolongado de una máquina, lo que aumenta los costes de operación. Otro problema causado por la aplicación subóptima de cualquier medio de agitación son los daños posibles en la pieza.

20

Un aspecto adicional de las máquinas y procedimientos de eliminación de soporte convencionales es el uso de un medio de agitación en particular en el que el medio para agitación tiene sólo dos ajustes: activo o inactivo. Por ejemplo, cuando se elimina el material de soporte usando calor en un depósito de líquido, la bomba puede ajustarse normalmente 25 al 100% de potencia o al 0% de potencia. Este tipo de operación limita la optimización y aumenta los posibles daños en la pieza.

Múltiples procedimientos de agitación para una pieza impresa en 3D que funcionan simultáneamente en una máquina de eliminación de soporte dada podrían producir una 30 mayor eficiencia. Sin embargo, los procedimientos tradicionales para manejar múltiples tipos de agitación en una máquina de eliminación de soporte están limitados en la actualidad a manual aleatorio, en secuencia manual y secuenciación basada en el tiempo. En la mayoría

de los casos, estos medios de agitación se activan basándose en criterios predeterminados, protocolos establecidos, procedimientos en secuencia, enfoques basados en el tiempo, el criterio del operador o combinaciones de los mismos. Estos procedimientos producen una eliminación indiscriminada del soporte de la pieza, con independencia del grado de  
5 eliminación de soporte necesario cuando la forma de la pieza cambia durante el procedimiento de eliminación. Los procedimientos basados en el tiempo no son suficientes debido a la amplia variedad de piezas y materiales que pueden usarse en una máquina de eliminación de soporte en particular, y por tanto, para la mayoría de los casos han sido necesarios procedimientos basados en criterios.

10

Los procedimientos tradicionales de eliminación de soporte no consiguen optimizar las velocidades de eliminación de soporte en los mismos, de manera que se eleve al máximo su funcionamiento con respecto al cambio de forma de la pieza y el rendimiento de la máquina de eliminación de soporte.

15

El objetivo de la eliminación de soporte puede parecer sencillo de elucidar. Sin embargo, los efectos de la eliminación de soporte son complejos e interrelacionados, en particular cuando se usa más de un medio de agitación, ya sea simultáneamente y/o en secuencia. Existen múltiples compromisos entre conseguir una eliminación de soporte rápida y los posibles  
20 daños en la pieza.

Los operadores de máquinas de eliminación de soportes se enfrentan a diversos objetivos no lineales, algunos de los cuales se exponen anteriormente, a la vez que mantienen la capacidad de eliminar el material de soporte de un conjunto dispar de piezas individuales.

25 Es difícil y poco realista optimizar simultáneamente el rendimiento calorífico, la amplitud o frecuencia de ondas ultrasónicas, el pH, la velocidad de rotación de la pieza u otros requisitos para que lo haga un operador manualmente. Debido a las demandas de la industria las máquinas de eliminación de soportes están sometidas a cambios importantes en las condiciones operativas y los tipos de detergentes.

30

Para aumentar la eficiencia, las máquinas pueden someterse a reglas formuladas a partir de las experiencias del operador, los datos de diseño estático, principios térmicos generales y



pruebas periódicas. Sin embargo, las reglas en solitario no pueden dar cabida al conjunto diverso de condiciones operativas que pueden encontrarse de forma cotidiana. Además, los sistemas basados en el tiempo o en reglas en solitario no ofrecen la mejor respuesta debido a la complejidad de las piezas individuales y los procedimientos de agitación. Si bien los 5 sistemas no dinámicos pueden ser efectivos, la inteligencia artificial que controla los procedimientos de agitación podría crear un procedimiento más eficiente.

La presente invención proporciona un procedimiento para optimizar el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte usando un sistema basado en reglas dinámico 10 estadísticamente que supera estas y otras deficiencias de la técnica relacionada.

## RESUMEN

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento para optimizar el 15 funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte que tiene varios componentes de agitación, comprendiendo el procedimiento: la generación de un modelo para el funcionamiento de la máquina de eliminación de soporte, recibiendo dicho modelo una pluralidad de parámetros de entrada asociados con el funcionamiento de la máquina de eliminación de soporte, y la generación de uno o más parámetros de salida en respuesta a 20 dicha pluralidad de parámetros de entrada, en el que cada uno de dichos parámetros de salida está asociado con un objetivo para la máquina de eliminación de soporte; la determinación para uno o más incrementos de tiempo consecutivos, de una o más decisiones que alcanzan un objetivo deseado para la máquina de eliminación de soporte, en el que al menos una de dichas decisiones está asociada con al menos una variable discreta 25 para el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte basándose en dicho modelo; y la operación de la eliminación de soporte de acuerdo con al menos una de las decisiones D.

En el procedimiento descrito en la presente descripción, se coloca primero una pieza 30 impresa en 3D que contiene material de soporte en un depósito con un detergente líquido. Se caracterizan los parámetros iniciales en el depósito, que incluyen, pero no se limitan a temperatura y pH para determinar la cantidad y tipo de energía que deberían aplicarse a la

pieza. Los parámetros iniciales pueden basarse en las experiencias del operador, los datos de diseño estático, principios térmicos generales y pruebas periódicas. Por ejemplo, un objeto sólido o denso actúa como un sumidero de calor y requiere un tiempo de calentamiento inicial mayor que un objeto hueco. Los ajustes iniciales pueden predecirse basándose en la experiencia previa con objetos sólidos o densos similares y principios térmicos conocidos por el operador, de manera que el operador puede ser una persona o un programa informático.

En el presente sistema, los valores en torno a un ajuste de temperatura predicho inicial se seleccionan aleatoriamente y los efectos en el depósito se miden en un intervalo de tiempo para determinar un valor óptimo para una ejecución. Los ajustes para valores aplicados a los parámetros de la máquina se generan de esta forma cuasialeatoria para determinar la duración o intensidad óptima de medios de agitación particulares, que incluyen la presión de la bomba, la aplicación de calor y la radiación ultrasónica. Un ajuste óptimo inicial para cada parámetro se predice basándose en diversos factores y la máquina de eliminación de soporte puede ajustarse inicialmente basándose en estos valores.

Una vez que una pieza que tiene una estructura de eliminación de soporte se coloca en el depósito, la bomba hace que el líquido fluya a través del depósito para girar y/o mantener la posición de la pieza impresa en 3D, y después de un incremento de tiempo, se obtienen medidas de sensores en el depósito y el sistema de la presente descripción se ajusta como respuesta. Después de medidas repetidas, el sistema se adapta más adecuadamente a la pieza y es capaz de predecir una selección de parámetros óptima con más precisión, en el que el tamaño del paso o la distancia con respecto a los ajustes de parámetros ideales se hacen generalmente menores. En la lógica se integran los ajustes de valores de selección con mayor probabilidad de cumplir los requisitos óptimos de temperatura, bomba y ultrasonidos para una pieza específica.

Dependiendo de las características de una pieza impresa en 3D en particular, puede usarse un procedimiento de agitación preferido, tal como degradación química o térmica de material de soporte. Sin embargo, cuando la aplicación de un procedimiento preferido se convierte en subóptima, puede activarse un procedimiento de agitación alternativo durante un periodo de

inactividad para un procedimiento preferido. Después del periodo de inactividad para un procedimiento preferido, el sistema de eliminación de soporte de la presente descripción puede volver al procedimiento preferido hasta que se alcance de nuevo un punto de exceso, tras lo cual el procedimiento preferido vuelve a desactivarse para un periodo de 5 "enfriamiento". La máquina de eliminación de soporte tiene sensores que pueden incluir sensores de temperatura y/o pH para recibir la retroalimentación y alternativamente desactivar diferentes procedimientos de agitación.

Para limitar daños en la pieza, se lleva un seguimiento de cada procedimiento de agitación 10 para elevar al máximo la eliminación de soporte mientras se deja intacto el material de construcción. Con relación en particular a las piezas impresas en 3D de plástico, es fundamental llevar un seguimiento de cada medio de agitación para limitar el aumento de temperatura de la pieza dado que los materiales plásticos pueden deformarse cuando la temperatura se hace demasiado alta. A diferencia de los sistemas existentes de eliminación 15 de soporte, en la presente descripción se emplea una variedad de medio de agitación en secuencia o en paralelo dependiendo de la retroalimentación a un algoritmo de agitación (AGA). El procedimiento de la presente descripción usa calor, bombeo, ultrasonidos y medios químicos para mejorar la eliminación de soporte. La agitación con ultrasonidos produce cavitación de los detergentes en la proximidad inmediata del material de soporte 20 mientras que las reacciones químicas y el bombeo pueden trabajar de forma sinérgica para promover la eliminación de material de soporte.

Una ventaja de la presente invención es la provisión de un sistema y un procedimiento de optimización de eliminación de soporte que usa cálculos basados en datos de 25 funcionamiento históricos y en tiempo real adquiridos del sistema o sistemas de control de eliminación de soporte.

Otra ventaja más de la presente invención es la provisión de un sistema y procedimiento de optimización de eliminación de soporte que determina de manera óptima cuándo y qué 30 componente de agitación de eliminación de soporte agitación se seleccionará y señalará la activación.

Otra ventaja adicional más de la presente invención es la provisión de un procedimiento para optimizar el funcionamiento de una máquina de eliminación de soporte en el que una o más decisiones son determinadas para al menos un incremento de tiempo consecutivo, en el que al menos una de las decisiones está asociada con una variable discreta para el funcionamiento de un componente de agitación de eliminación de soporte.

Estas y otras ventajas serán evidentes a partir de la siguiente descripción de una realización preferida tomada junto con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones anexas.

## 10 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención puede adoptar una forma física en ciertas piezas y disposiciones de piezas, de la cual se describirá una realización preferida en detalle en la memoria descriptiva y se ilustrará en los dibujos adjuntos que forman una pieza, y en los que:

15

la FIG. 1 es un organigrama de un sistema de optimización de eliminación de soporte según una realización de la presente invención;

la FIG. 2 es un organigrama que ilustra una visión general del funcionamiento general de un sistema de eliminación de soporte según la presente descripción;

20

la FIG. 3 muestra un ejemplo de AGA en funcionamiento con una bomba y ultrasonidos para una pieza en particular;

la FIG. 4 muestra un ejemplo de AGA en funcionamiento con una bomba y ultrasonidos para una pieza en particular.

25

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE UNA REALIZACIÓN PREFERIDA

A continuación, se describirán brevemente los componentes principales de una realización preferida de una máquina de eliminación de soporte relacionada con el procedimiento de la presente descripción. La máquina de eliminación de soporte tiene un depósito de salida que

30

está lleno de una masa de líquido para aceptar una pieza. Una bomba en comunicación fluida con el depósito de salida proporciona una presión hidráulica que oscila y puede suspender una pieza impresa en 3D en una posición generalmente central en el depósito. Los colectores situados en posiciones específicas a lo largo del depósito generan un flujo de 5 líquido en rotación que permite la suspensión y/o el ajuste de la al menos una pieza.

En la realización preferida, una pluralidad de transductores ultrasónicos unidos al depósito suministran energía para interrogar sobre la pieza. Cuando está en uso concurrente con la unidad de calentamiento, la eliminación de soporte se mejora en ocasiones mediante 10 transductores ultrasónicos colocados tangencialmente en el depósito con el objeto en rotación. La unidad de calentamiento y el generador ultrasónico pueden operar en armonía. Por ejemplo, el funcionamiento del generador ultrasónico puede complementar de forma intermitente al calentador para alcanzar una eficiencia máxima en la consecución de un valor objeto.

15

La máquina de eliminación de soporte incluye dos depósitos relacionados: un depósito de salida, o que contiene la pieza, y un depósito de entrada. El fluido del depósito de salida fluye continuamente desde el depósito de salida al depósito de entrada. El nivel de líquido del depósito de entrada está por debajo del depósito de salida, lo que permite que la masa 20 de líquido caiga en cascada sobre un borde para proporcionar oxigenación y enfriamiento a la masa de líquido.

En referencia a continuación a la FIG. 1, se muestra un organigrama para una realización de la presente descripción. El organigrama proporciona una descripción detallada de un 25 procedimiento para eliminación de un material de soporte. La primera etapa implica colocar la pieza en un depósito y medir el estado de la máquina, o los parámetros de entrada, con el fin de determinar los puntos de partida de los parámetros de entrada.

Las etapas siguientes implican la optimización, o caracterización de la cantidad de energía 30 que puede incorporarse en el sistema. Esto se consigue generando valores aleatorios en torno a un umbral predeterminado para varios parámetros como, por ejemplo, la duración de bombeo. La etapa siguiente puede implicar el calentamiento para alcanzar el umbral

predeterminado. Después de un intervalo de tiempo inicial, se toman medidas para determinar el progreso hacia el umbral predeterminado. La duración de funcionamiento para el calentador puede establecerse en un valor elegido en particular y se prueban valores aleatorios dentro de este intervalo después del periodo de tiempo inicial para determinar una 5 duración de calentamiento óptima. Debe entenderse que las configuraciones mostradas en las FIG. 1 y 2 ilustran realizaciones de la presente invención, y que se contempla que muchas configuraciones alternativas también son adecuadas para su uso en relación con la presente descripción.

10 El sistema o sistemas de sensores/medidas detectan o miden varios parámetros del depósito, descritos a continuación. Los dispositivos de detección disponibles comercialmente incluyen, pero no se limitan a, sensores de temperatura y de pH, en los que los sistemas de medida de la temperatura pueden basarse en termopares, sistemas acústicos, láseres, sistemas ópticos, etc.

15

Según una realización de la presente invención, el sistema de optimización de eliminación de soporte incluye un motor de cálculo, un almacén de datos, un optimizador, un preprocesador de optimización y un postprocesador de optimización. A continuación se describirá en detalle cada componente de sistema de optimización de eliminación de 20 soporte. Una nueva característica de la presente descripción es que múltiples parámetros de entrada funcionan conjuntamente para optimizar la energía para eliminación de soporte.

Un sistema de cálculo de rendimiento es un sistema de datos recogidos por ordenador o manualmente que determina los cálculos o eficiencias de rendimiento calorífico total o 25 parcial para producir un "índice de referencia de eficiencia" (IRE).

El sistema de optimización de eliminación de soporte, del que se muestra una realización en la FIG. 1, puede adquirir datos del depósito usando un programa de adquisición de datos que puede ser un módulo de programa independiente. En particular, el sistema o sistemas 30 de control del dispositivo de eliminación de soporte proporcionan al sistema de optimización de eliminación de soporte datos relativos a un conjunto de parámetros (por ejemplo, temperatura, duración, tiempo, etc.) para uno o más componentes de eliminación de

soporte. El sistema o sistemas de control del dispositivo de eliminación de soporte pueden incluir, pero no se limitan a, sistemas de control del calentador, sistemas de control de la bomba, sistemas de control ultrasónico, etc.

- 5 El sistema de optimización de eliminación de soporte puede calcular por sí mismo o adquirir información y datos de cualquiera de los sistemas antes mencionados que pertenecen a acontecimientos de eliminación de soporte.

El sistema de optimización de eliminación de soporte puede emplearse para trabajar en combinación con sistema o sistemas de control de componentes de eliminación de soporte e influir de forma inteligente en su funcionamiento. El sistema o sistemas de control de eliminación de soporte pueden estar configurados para recibir señales de activación (ACTIVO/INACTIVO), alarmas o informes (accionados según los parámetros del depósito, descritos más adelante) del sistema de optimización de eliminación de soporte para uno o más componentes de eliminación de soporte. En estos casos, la acción real de activación de los componentes de eliminación de soporte sigue siendo realizada por el sistema o sistemas de control de eliminación de soporte relevantes, aunque la determinación de activar ese componente o componentes de eliminación de soporte, y de cuándo activar un componente de eliminación de soporte, está determinada por el sistema de optimización de eliminación de soporte.

Debe entenderse que el sistema o sistemas de control de componentes de eliminación de soporte pueden comunicarse directamente con el sistema de optimización de eliminación de soporte. De forma similar, la funcionalidad de una o más de las otras fuentes de datos de los depósitos, tales como sistemas de sensores/medidas, sistemas de cálculo de rendimiento y datos históricos, pueden existir por separado o pueden combinarse como una parte de una de las otras fuentes de datos de los depósitos u otros componentes del sistema. Se observará que una configuración real será específica de la máquina de eliminación de soporte.

30

Un modelo basado en IA de eliminación de soporte, que en una realización preferida es un sistema basado en reglas dinámicas estadísticamente (SBRDE) 100 (tal como se muestra

en la FIG. 1), recibe parámetros de entrada y genera parámetros de salida. Los parámetros de entrada pueden incluir, pero no se limitan a, valores de parámetros asociados con parámetros (de entrada) del depósito. Los parámetros de entrada y de salida tienen elementos internos y externos. Cada parámetro de entrada puede clasificarse como una 5 variable controlable. Las variables controlables son variables que pueden ser controladas por el operador de la máquina de eliminación de soporte.

Los parámetros de entrada incontrolados incluyen la pieza y las características de pieza que deben ajustarse mediante las variables controlables con el fin de generar una eliminación de 10 soporte eficiente óptimamente a través de la maximización del rendimiento calorífico de la pieza y la maximización con ello de la eficiencia de eliminación de soporte. Las salidas incluyen el rendimiento calorífico de la pieza y la posterior reducción de material de soporte.

Debe observarse que los parámetros de entrada y de salida de IA de eliminación de soporte 15 descritos en la presente memoria son sólo un ejemplo establecido de parámetros de entrada y de salida modelo para ilustrar la presente invención, y que el conjunto real de parámetros de entrada y de salida modelo puede ser específico de la máquina.

El modelo de IA de eliminación de soporte es entrenado usando la operación de eliminación 20 de soporte, pruebas paramétricas y/o datos históricos. Un procedimiento de entrenamiento implica ajustes basados en el examen iterativo de los parámetros de entrada. A este respecto, el modelo de IA de eliminación de soporte es entrenado para predecir los parámetros de salida basándose en los parámetros de entrada. El modelo de IA de eliminación de soporte así desarrollado determina entonces los ajustes apropiados para los 25 parámetros de entrada con el fin de alcanzar los objetivos deseados, dentro de restricciones definidas, como se describirá en detalle más adelante.

Debe observarse que el procedimiento de eliminación de soporte de la presente descripción 30 permite relaciones complejas entre las temperaturas, las presiones, el rendimiento calorífico y otros parámetros de los detergentes de eliminación de soporte que serán modelizados de manera efectiva. Los modelos se desarrollan usando datos históricos, datos de pruebas paramétricas, datos de eliminación de soporte normales, salidas de otros modelos de IA de



eliminación de soporte AI o combinaciones de los mismos.

Las restricciones de optimización para parámetros de entrada relevantes, así como la 'función objetivo' (relación) para los parámetros de salida del modelo de IA de eliminación de soporte, tales como el rendimiento calorífico, pueden ser configuradas por el usuario o ajustadas en tiempo real basándose en las condiciones de diseño de la máquina y el equipo, otros datos de sistemas, otros modelos de IA, principios térmicos, conocimientos de ingeniería, experiencia operativa, políticas establecidas y/o información del funcionamiento de la máquina adquirida dinámicamente (valores de datos) de las fuentes de datos del depósito.

De acuerdo con la presente invención, los datos de las fuentes de datos del depósito y otros componentes del sistema, los parámetros del depósito o combinaciones de los mismos se usan para (a) determinar si se activan los componentes de eliminación de soporte y cuándo se activan los componentes de eliminación de soporte, y (b) deducir sesgos/puntos de ajuste óptimos para diversos parámetros del depósito usando las técnicas de ingeniería artificial de la presente invención.

El preprocesador de optimización realiza operaciones de preprocesamiento que pueden examinar y modificar dinámicamente la configuración del algoritmo de agitación/optimizador. Por consiguiente, se consideran varias restricciones operativas, acontecimientos en tiempo real y condiciones de activación. Por ejemplo, el preprocesador de optimización puede determinar los parámetros de entrada que usa el procedimiento de eliminación de soporte. Para parámetros de entrada que pueden modificarse (es decir, parámetros de entrada controlables), el preprocesador de optimización puede identificar posibles límites a los cambios, tales como cambios en el nivel de líquido. La lista real de restricciones operativas, acontecimientos en tiempo real y condiciones de activación es específica de la máquina y de la aplicación. Sin embargo, la lista siguiente puede servir de ejemplo, que incluye, pero no se limita a:

30

1. Realizar ajustes de manera que las temperaturas de la masa de líquido (depósito) se mantengan en los valores umbral definidos por el usuario.

2. Realizar ajustes de manera que la frecuencia y la amplitud ultrasónicas se mantengan dentro o fuera de los valores umbral definidos por el usuario.

5 3. Realizar ajustes de manera que el flujo de rotación de la masa de líquido según se determina mediante la bomba se mantenga dentro o fuera de los valores umbral definidos por el usuario.

4. Realizar ajustes de manera que parámetros tales como el pH se mantengan dentro de los  
10 valores umbral definidos por el usuario.

5. Suspender la actividad de eliminación de soporte cuando los parámetros de la pieza se sitúan por debajo, ascienden por encima o están dentro o fuera del intervalo de los valores umbral definidos por el usuario.

15

6. Si el tiempo es menor que MinOffTime para el componente o componentes de eliminación de soporte, no intentar ajustar el componente o componentes de eliminación de soporte relevantes.

20 7. Si el tiempo es mayor que MaxOffTime para el componente o componentes de eliminación de soporte, realizar ajustes de manera que se indique la activación del componente o componentes de eliminación de soporte relevantes.

8. Verificar los ajustes según las relaciones basadas en el tiempo definidas por el usuario.

25

9. Activar el componente o componentes de eliminación de soporte seleccionados en un patrón definido por el usuario, tales como calentamiento, ultrasonidos, enfriamiento y ultrasonidos u otras combinaciones de los mismos.

30 El optimizador consulta al SBRDE de eliminación de soporte con varios parámetros de entrada controlables para obtener los parámetros de salida predichos. A este respecto, el optimizador modifica de forma iterativa uno o más parámetros de entrada controlables para

el SBRDE hasta que los parámetros de salida predichos son sustancialmente iguales a los parámetros de salida deseados. Más específicamente, el optimizador se activa automáticamente basándose en los acontecimientos operativos de tiempo y/o máquina. Consulta al modelo de SBRDE/IA de eliminación de soporte de una forma iterativa para 5 realizar escenarios de tipo "qué pasaría si". Los resultados de cada iteración de la operación "qué pasaría si" se evalúan para su posterior análisis y procesamiento. Cada ejecución del optimizador termina en una búsqueda y evaluación exhaustivas de muchas posibles variaciones para diferentes variables controlables (por ejemplo, parámetros del depósito) y sus efectos predichos correspondientes en los 'objetivos' (por ejemplo, eliminación de 10 material de soporte y rendimiento calorífico). Los resultados de la optimización se generan en forma de parámetros de entrada controlables ajustados recomendados que son determinados como necesarios por el optimizador para conseguir los objetivos de optimización mientras se consideran las restricciones operativas y del sistema.

15 Debe observarse que de acuerdo con la presente invención, la "función objetiva" para los 'objetivos' del optimizador también puede ajustarse en tiempo real. Así, la capacidad de ajustar dinámicamente varios parámetros del optimizador antes o durante cada ejecución del optimizador permite que el procedimiento de eliminación de soporte optimización de la presente descripción busque siempre una mejor condición operativa que la obtenida 20 previamente, mientras se consideran las restricciones y objetivos operativos actuales.

La función objetiva es la relación matemática entre todas las entradas y los objetivos del SBRDE de eliminación de soporte. La función objetiva incluye los objetivos y su ponderación relativa (es decir, la importancia) con respecto al resultado deseado total de todos los 25 objetivos del optimizador combinados, así como la ponderación de todas las entradas relativas entre sí en la red de IA de eliminación de soporte. El optimizador resuelve el mejor resultado deseado total, mientras que la red de IA relaciona todas las entradas con cada salida independiente.

30 La selección de componentes de eliminación de soporte ordenada descrita anteriormente para la activación puede procesarse opcionalmente de forma adicional mediante el uso de un análisis de previsión de trayectorias. El sistema de optimización de eliminación de

soporte también puede clasificar los componentes de eliminación de soporte según su importancia mientras se consideran también las condiciones operativas de la máquina pasadas, presentes y previstas. Un sistema de previsión de trayectorias puede incluir el uso de un optimizador, que es preferentemente un sistema basado en reglas dinámicas estadísticamente, aunque pueden considerarse otros sistemas tales como técnicas de clasificación, lógica difusa y otras técnicas de inteligencia artificial.

En resumen, la presente descripción aplica tecnología de optimización de IA, tal como un sistema basado en reglas dinámicas estadísticamente, para optimizar el objetivo de mejorar la tasa de energía (eficiencia) en máquinas de eliminación de soportes para piezas impresas en 3D. Al mejorar el rendimiento calorífico de la máquina de eliminación de soporte, la presente invención permite que una máquina de eliminación de soporte genere eficiencia adicional sin cambiar la configuración física de la máquina de eliminación de soporte. Una tecnología de optimización facilita la creación de un modelo que representa el procedimiento de eliminación de soporte. Dicho modelo se usa en conjunción con un AGA para optimizar la eliminación de soporte teniendo en cuenta varias restricciones operativas.

Los ultrasonidos, el calentamiento y el bombeo, de forma alterna o simultáneamente, se controlan para mejorar la eliminación de soporte. En una realización del procedimiento de la presente descripción, la temperatura del depósito puede ajustarse o no, aunque se considera un ajuste en intervalos de 20 minutos para determinar el aumento y la disminución de la temperatura actual del depósito. Esto permite que un usuario determine generalmente la cantidad y calidad de material o piezas en el depósito. Los valores aleatorios son válidos sólo para un periodo de 20 minutos. Los parámetros son objeto de seguimiento cada minuto, pero sólo pueden realizarse cambios cada 20 minutos. Durante el seguimiento se produce una medida, y en tal caso, si la temperatura medida está en un intervalo del 3% de la temperatura umbral predeterminada, el calentador se cierra dado que, en este ejemplo, la temperatura no debería superar 100 grados.

En la realización del procedimiento mostrado en la FIG. 1, si la temperatura alcanza 100 grados, la máquina de eliminación de soporte cierra la función de calentamiento. En este punto, la máquina genera números aleatorios a partir de la función de enfriamiento. En la

fase de calentamiento los números aleatorios están comprendidos entre 300 y 3.000. En la fase de enfriamiento, los números aleatorios están comprendidos entre 30 y 90.

El enfriamiento y la limpieza coinciden para elevar al máximo la eficiencia. La limpieza puede elevar la temperatura, sin embargo, el enfriamiento y la limpieza al mismo tiempo aumentan la eficiencia global del procedimiento. El generador ultrasónico puede mantenerse durante el enfriamiento, sin embargo, el tiempo de trabajo puede reducirse para evitar niveles inaceptables de calentamiento debido a la radiación ultrasónica.

10 El procedimiento modifica en intervalos de 20 minutos, excepto episodios inesperados, aunque en caso de una variación inesperada el procedimiento puede automodificarse en cualquiera de los intervalos de seguimiento de un minuto, donde los intervalos de un minuto pueden considerarse puntos de control en los que se toman decisiones sobre los parámetros que se deben regular. A diferencia de los procedimientos de eliminación de  
15 soporte conocidos que miden la temperatura para mantener una cierta temperatura, el procedimiento de la presente descripción mide la temperatura de manera que no se supere una temperatura especificada. Los dispositivos conocidos anteriormente tendrán componentes tales como calentadores y bombas que funcionan a plena potencia hasta que se cumplan unos parámetros especificados, como la temperatura.

20

En la presente descripción, el procedimiento puede tener un calentador que funciona al 100% de potencia mientras que la bomba funciona al 50% de potencia. El procedimiento no se limita a una cierta temperatura ya que está funcionando dentro de un intervalo que permite la optimización de energía a través del uso variable de componentes.

25

En la FIG. 1 se muestra una descripción básica de una realización del procedimiento de la presente descripción. La FIG. 2 ilustra las etapas básicas de colocar la pieza en el depósito, activar la bomba 200 y repetir las etapas de rotación 204 y agitación 206 de la pieza. La rotación 204 y la agitación 206 pueden realizarse en un bucle o secuencia. La pieza se hace  
30 girar 204 a presión a partir de una bomba. El material de soporte se elimina a medida que la agitación 206, que puede provocarse por ultrasonidos, calor y/o rozamiento, aumenta y disminuye.

La agitación química a través de interacciones entre la pieza y la masa de líquido puede ser continua mientras la pieza está en el depósito. La composición del detergente puede desempeñar un papel en el procedimiento de la presente descripción y puede diseñarse específicamente para ciertos tipos de piezas. Las propiedades de este detergente acuoso son parámetros adicionales factorizados en las múltiples formas de optimización de energía usados en el procedimiento.

En lo que respecta a la FIG. 1, la Tabla 1, mostrada a continuación, describe una realización preferida del procedimiento de la presente descripción.

<p>Tiempo de trabajo</p>	<p>Define el estado Activo del dispositivo ultrasónico.</p> <p>Ultrasónico Activo</p> <p>El elemento de calentamiento puede estar activo</p> <p>Bomba Inactiva</p>
<p>Tiempo inactivo</p>	<p>Define el estado Inactivo del dispositivo ultrasónico.</p> <p>Ultrasónico Inactivo</p> <p>Elemento de calentamiento – Activo o Inactivo (depende de la temperatura actual)</p> <p>Bomba – Activa o Inactiva (Activa durante un ciclo inactivo, inactiva durante el siguiente ciclo inactivo)</p>

**Algoritmo de tiempo de ejecución inicial**

Los tiempos de Trabajo e Inactividad durante la ejecución inicial deben tener una selección de números aleatorios más estrecha de manera que el tiempo de trabajo de 10 minutos se extienda a lo largo de todo el periodo de caracterización de 20 minutos. La temperatura se verificará cada minuto durante este ciclo para asegurarse de que no se alcanza la temperatura máxima.

**Selección inicial de tiempo “activo/inactivo”:** 5-300 s

10

**Selecciones iterativas del tiempo “activo/inactivo”:**

Si los dos tiempos restantes > 300 s: selección de tiempo aleatoria = 5-300 s

Si tiempo restante requerido > 300 s y otro > 100 s: selección de tiempo aleatoria = 5-300 s

15 Si tiempo restante requerido > 300 s y otro < 100 s: selección de tiempo aleatorio = 5-300 s

Si los dos tiempos restantes > 300: selección de tiempo aleatoria = 5 = 5-75 s

Si tiempo restante requerido > 300 y otro > 100: selección de tiempo aleatoria = 5-25 s

Si tiempo restante requerido > 300 y otro < 100: selección de tiempo aleatorio = 5-100 s

20

Si los dos tiempos restantes < 100: selección de tiempo aleatoria = 1 – tiempo restante en s

Si tiempo restante requerido < 100 y otros > 100: selección de tiempo aleatoria = 1 – 5 tiempo restante

25 Si otro tiempo restante es 0: selección de tiempo aleatoria = tiempo restante en s

Ejecución solo de algoritmo ultrasónico (cuando la temperatura está en 10 grados de temp máx.)

30 **Algoritmo de calentamiento**

Los tiempos “Activo” e “inactivo” durante el calentamiento requieren un tiempo de trabajo de

10 minutos durante un periodo de 20 minutos a no ser que la temperatura actual esté en un rango de 5 grados al empezar. Si está en un rango de 5 grados se usará un tiempo de trabajo de 5 minutos durante un periodo de 20 minutos.

5 Si otro tiempo > 0: selección de tiempo aleatoria = 1 – tiempo restante

Si otro tiempo = 0: selección de tiempo aleatoria = tiempo restante

### **Algoritmo de enfriamiento**

10 Durante el ciclo de enfriamiento se querrá todavía aplicar el componente ultrasónico para la eliminación de superficie. Para ello se necesita reducir la cantidad de tiempo de trabajo durante el periodo de tiempo de medida (tiempo de trabajo de 1 minuto durante un periodo de 10 minutos). El tiempo de trabajo se ajustará basándose en la tasa de pérdida de calor después de la primera medida.

15

Si otro tiempo > 0: selección de tiempo aleatoria = 1 – tiempo restante

Si otro tiempo = 0: selección de tiempo aleatoria = tiempo restante

TABLA 1

20



Tras la lectura y comprensión de la memoria descriptiva, otros expertos descubrirán modificaciones y alteraciones. Se pretende que todas estas modificaciones y alteraciones estén incluidas en la medida en que se sitúan dentro del alcance de la invención según se reivindica o los equivalentes de las mismas.

5

Aunque se han mostrado y descrito realizaciones de ejemplo, estará claro para los expertos en la materia que pueden realizarse diversos cambios, modificaciones o alteraciones en las descripciones. Por tanto, todos estos cambios, modificaciones y alteraciones deben contemplarse dentro del alcance de la descripción.

10

Debe observarse que términos como "específicamente", "preferentemente", "normalmente", "generalmente" y "a menudo" no se usan en la presente memoria para limitar el alcance de la invención reivindicada ni para implicar que ciertas características son críticas, esenciales o incluso importantes para la estructura o función de la invención reivindicada. Al contrario, 15 estos términos pretenden simplemente destacar características alternativas o adicionales que pueden ser usadas o no en una realización en particular de la presente invención. Se observa también que términos como "sustancialmente" y "aproximadamente" se usan en la presente memoria para representar el grado inherente de incertidumbre que puede atribuirse a cualquier comparación cuantitativa, valor, medida u otra representación.

20

Los valores y dimensiones descritos en la presente memoria no deben entenderse como limitados estrictamente a los valores numéricos exactos indicados. Al contrario, salvo que se especifique lo contrario, cada uno de estos valores pretende comprender tanto el valor indicado como un intervalo funcionalmente equivalente en torno a dicho valor. Por ejemplo, 25 un valor descrito como "50 grados" pretende significar "aproximadamente 50 grados".

## REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de eliminación de material de soporte de una pieza, que comprende:  
5 la colocación de una pieza con material de soporte dentro de una cámara, teniendo dicha cámara un medio dispuesto en la misma;  
el establecimiento de uno o más primeros parámetros de dicho medio para un primer intervalo de tiempo;  
10 la aplicación de dichos primeros parámetros durante dicho primer intervalo de tiempo;  
la medida de un primer efecto de dicho medio que tiene dichos primeros parámetros impartidos en dicho material de soporte durante dicho primer intervalo de tiempo por medio de un primer sensor dispuesto operativamente en o cerca de la cámara;  
el análisis de dichas medidas de dicho primer sensor;  
15 la determinación de uno o más segundos parámetros de dicho medio durante un segundo intervalo de tiempo;  
el ajuste de dicho medio a dichos segundos parámetros durante dicho segundo intervalo de tiempo.
- 20 2. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, en el que dicho medio es un fluido, una pluralidad de cuerpos abrasivos o una combinación de ambos.
3. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1,  
25 que comprende además la medida de dichos primeros parámetros de dicho medio por medio de un segundo sensor dispuesto operativamente en o cerca de dicha cámara.
4. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 3,  
en el que dichos primeros parámetros de dicho medio son uno o más entre la temperatura,  
30 la presión del medio, el pH o la intensidad de agitación.
5. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1

que comprende además la recepción de datos de un usuario con el fin de establecer dichos primeros parámetros

6. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, 5 en el que dicho primer sensor es un sensor óptico, de infrarrojo, térmico o acústico.

7. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, en el que dichos primeros parámetros se determinan a partir de una base de datos histórica de parámetros.

10

8. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, en el que dicho efecto que dicho medio tiene en dicha pieza durante dicho primer intervalo de tiempo se compara con un modelo generado por ordenador de dicha pieza para determinar la cantidad de material de soporte que permanece unida a dicha pieza.

15

9. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, que comprende además la medida de un segundo efecto en dicho medio que tienen dichos segundos parámetros impartidos en dicho material de soporte durante dicho segundo intervalo de tiempo por medio de dicho primer sensor.

20

10. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, en el que dicho primer intervalo de tiempo es más largo que dicho segundo intervalo de tiempo.

25

11. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, en el que dicha pieza se prepara mediante fabricación aditiva y contiene material de soporte creado debido al procedimiento de fabricación aditiva.

30

12. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 1, que comprende además:

la repetición de dicho procedimiento durante una pluralidad de intervalos de tiempo

consecutivos hasta que se ha alcanzado un tiempo de ejecución para dicho procedimiento; y la eliminación de dicha pieza de dicha cámara después de que se ha alcanzado dicho tiempo de ejecución para dicho procedimiento.

5 13. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, que comprende:

una cámara para contener medio dispuesta operativamente para recibir una pieza fabricada; una bomba dispuesta operativamente para hacer circular dicho medio dentro de dicha cámara;

10 un primer sensor dispuesto operativamente para detectar uno o más primeros parámetros de dicho medio; y,  
una unidad de control conectada en comunicación con dicho primer sensor,

en el que durante el funcionamiento del aparato, dicho primer sensor transmite dichos  
15 primeros parámetros a dicha unidad de control, dicha unidad de control analiza uno o más de dichos parámetros para determinar uno o más segundos parámetros de dicho medio y transmite el uno o más segundos parámetros con el fin de efectuar un cambio en el medio.

14. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación  
20 13, en el que el uno o más segundos parámetros son transmitidos por la unidad de control con el fin de modificar una temperatura del medio o una presión de descarga de una bomba que está bombeando el medio a la cámara.

15. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación  
25 13, que comprende además un agitador dispuesto para agitar el medio dentro de la cámara.

16. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación  
15, en el que el agitador está controlado por la unidad de control.

30 17. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación  
13, en el que dicha pieza se prepara mediante fabricación aditiva e incluye material de soporte creado por el procedimiento de fabricación aditiva.

18. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación 13, que comprende además un segundo sensor dispuesto operativamente para tomar una medida de una cantidad de cambio de dicha pieza debido al procesamiento, en el que durante el funcionamiento del aparato dicho segundo sensor transmite dicha medida a dicha unidad de control, dicha medida es analizada por dicha unidad de control en combinación con dichos primeros parámetros para determinar dichos segundos parámetros de dicho medio.
- 10 19. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación 18, en el que dicho segundo sensor es un sensor óptico, de infrarrojo, térmico o acústico.
20. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación 13, en el que dicho medio es un fluido, una pluralidad de cuerpos abrasivos o una 15 combinación de ambos.
21. Aparato de eliminación de material soporte de una pieza, según la reivindicación 13, en el que dichos parámetros comprenden uno o más de entre la presión del medio, la intensidad de agitación, el pH o la temperatura.
- 20
22. Un procedimiento de eliminación de material de soporte de una pieza, que comprende:
- la determinación de uno o más primeros parámetros de un medio dispuesto dentro de una 25 cámara;
- el sometimiento de una pieza con material de soporte a dicho medio que tiene dichos primeros parámetros durante un primer intervalo de tiempo;
- la determinación de uno o más segundos parámetros de dicho medio antes del final de dicho primer intervalo de tiempo;
- 30 el sometimiento de dicha pieza con material de soporte a dicho medio que tiene dichos segundos parámetros durante un segundo intervalo de tiempo;
- la repetición de dicho procedimiento durante una pluralidad de intervalos de tiempo

consecutivos hasta que se ha alcanzado un tiempo de ejecución para dicho procedimiento;  
y,  
la eliminación de dicha pieza de dicho medio después de que se ha alcanzado dicho tiempo de ejecución para dicho procedimiento.

5

23. El procedimiento según la reivindicación 22, en el que dicho segundo intervalo de tiempo es más corto que dicho primer intervalo de tiempo.

24. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 10 22, que comprende además:

la medida de un efecto que dicho medio tiene en dicho material de soporte durante dicho primer intervalo de tiempo por medio de un sensor;

15 la comparación de dicho efecto que dicho medio tiene en dicha pieza durante dicho primer intervalo de tiempo para un modelo generado por ordenador de dicha pieza; y,

la determinación de una cantidad de dicho material de soporte que permanece unido a dicha pieza.

25. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 20 22, que comprende además:

la recepción de datos de dicho usuario con el fin de establecer dicho conjunto de primeros parámetros de dicho medio;

25 la medida de la temperatura, el nivel de agitación, el pH o la presión de la bomba de dicho medio por medio de un sensor dispuesto operativamente para leer los datos de dicho medio;

y,

la determinación de los segundos parámetros de dicho medio usando dichas medidas de dicho medio.

30 26. El procedimiento de eliminación de material de soporte según la reivindicación 22, en el que dicho medio es un fluido, una pluralidad de cuerpos abrasivos o una combinación de ambos.

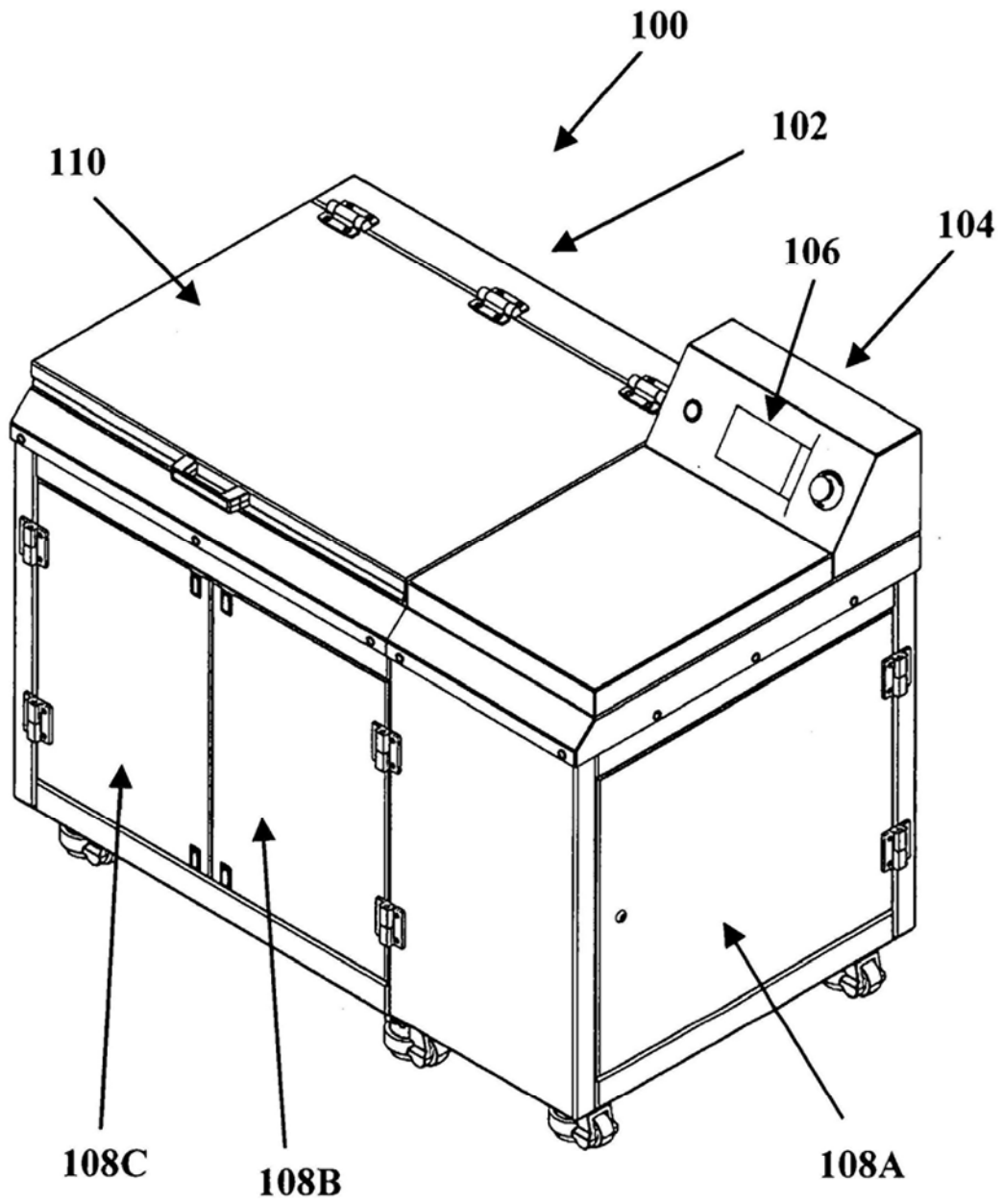


Figura 1

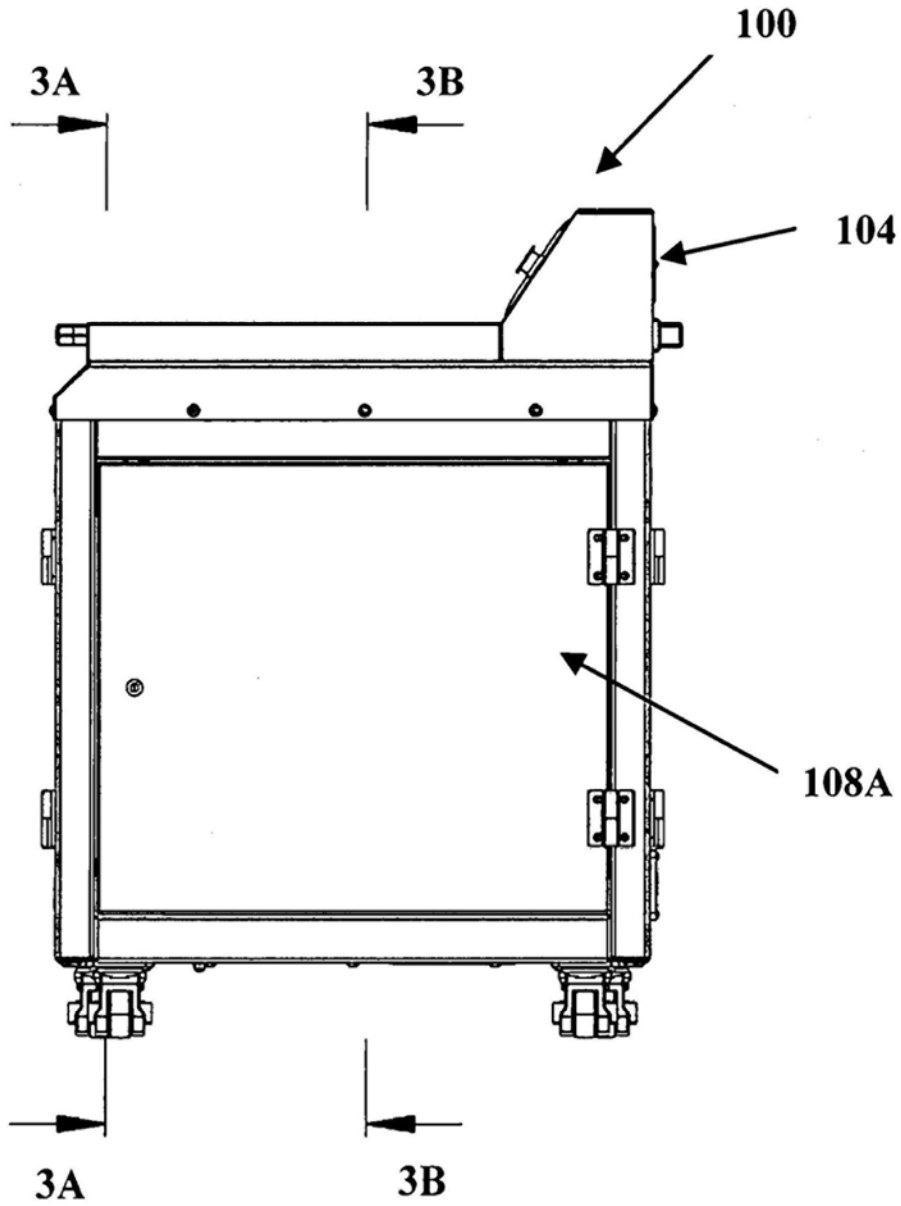


Figura 2



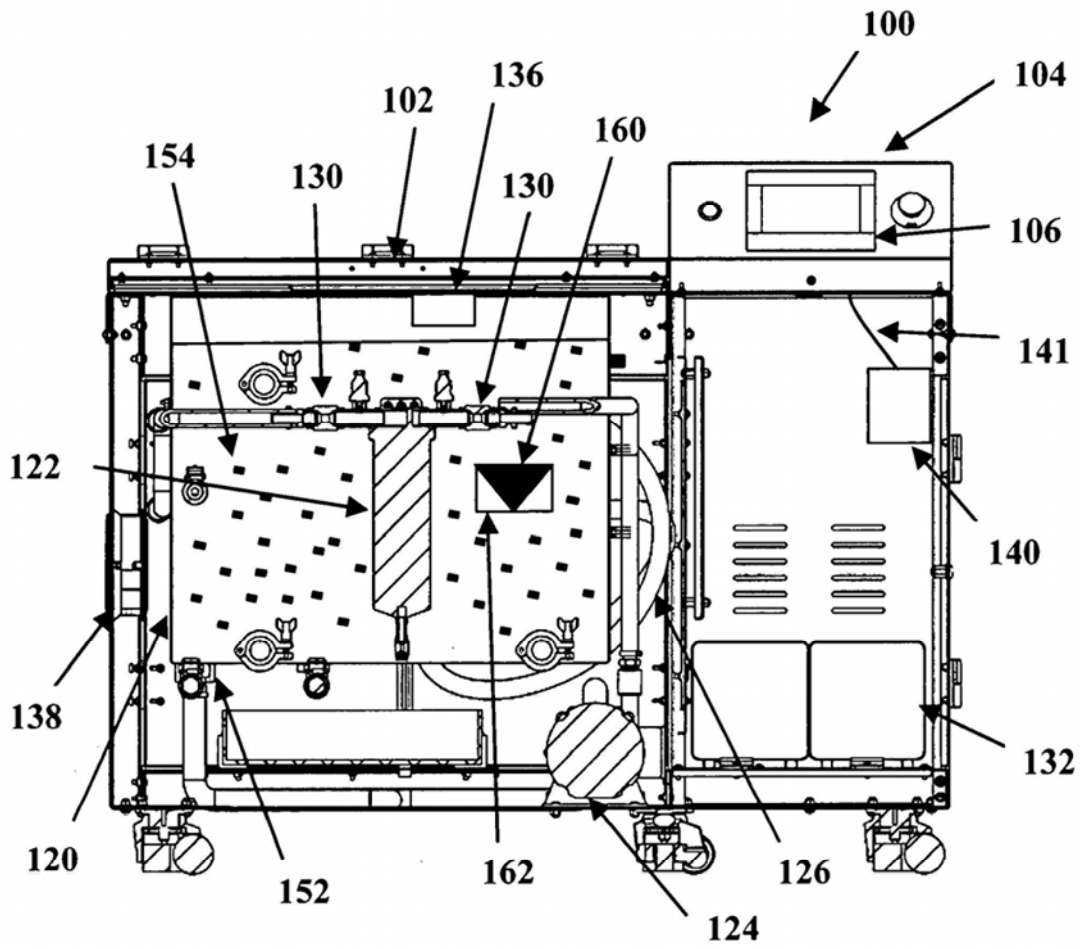


Figura 3A

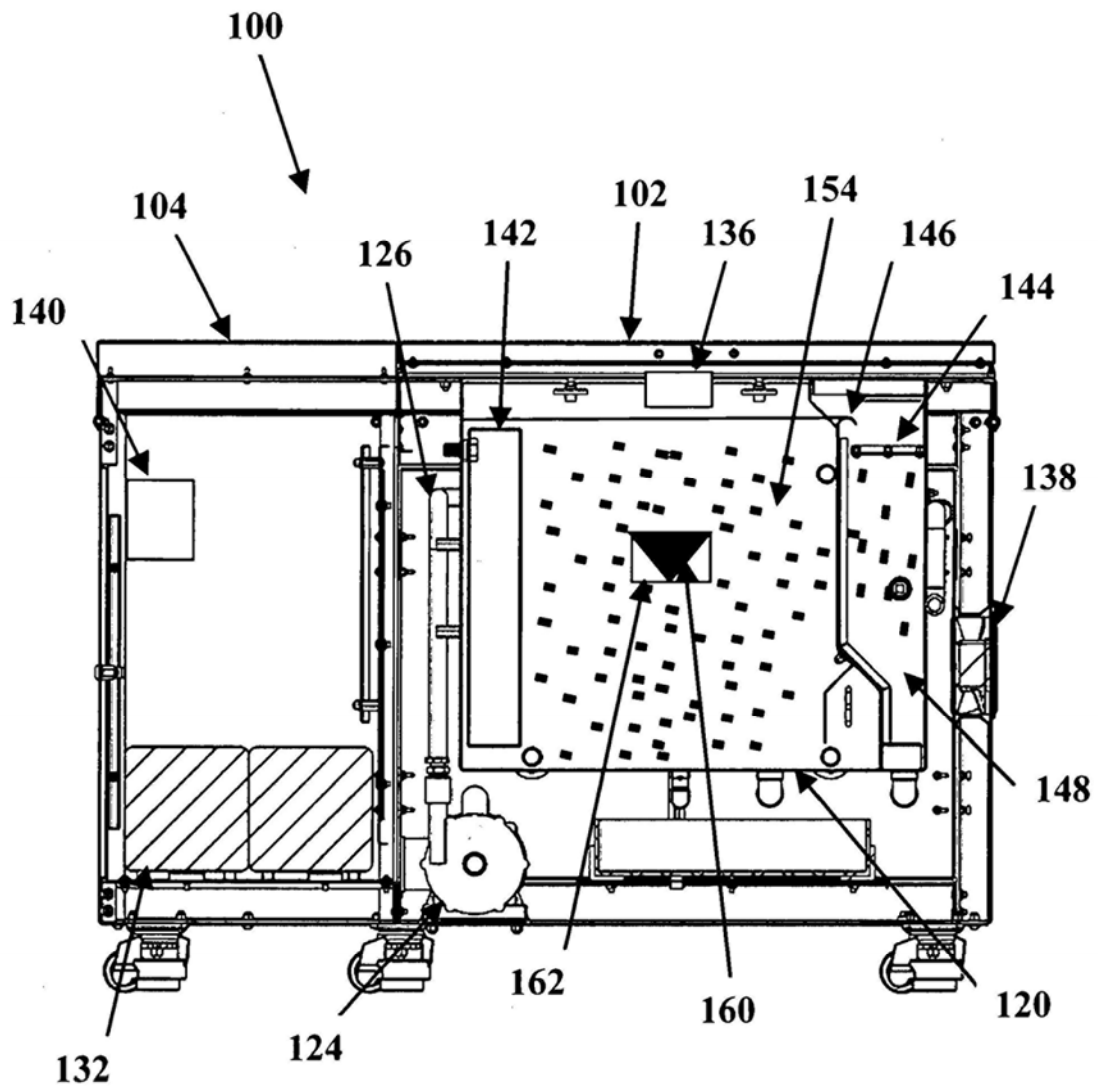


Figura 3B

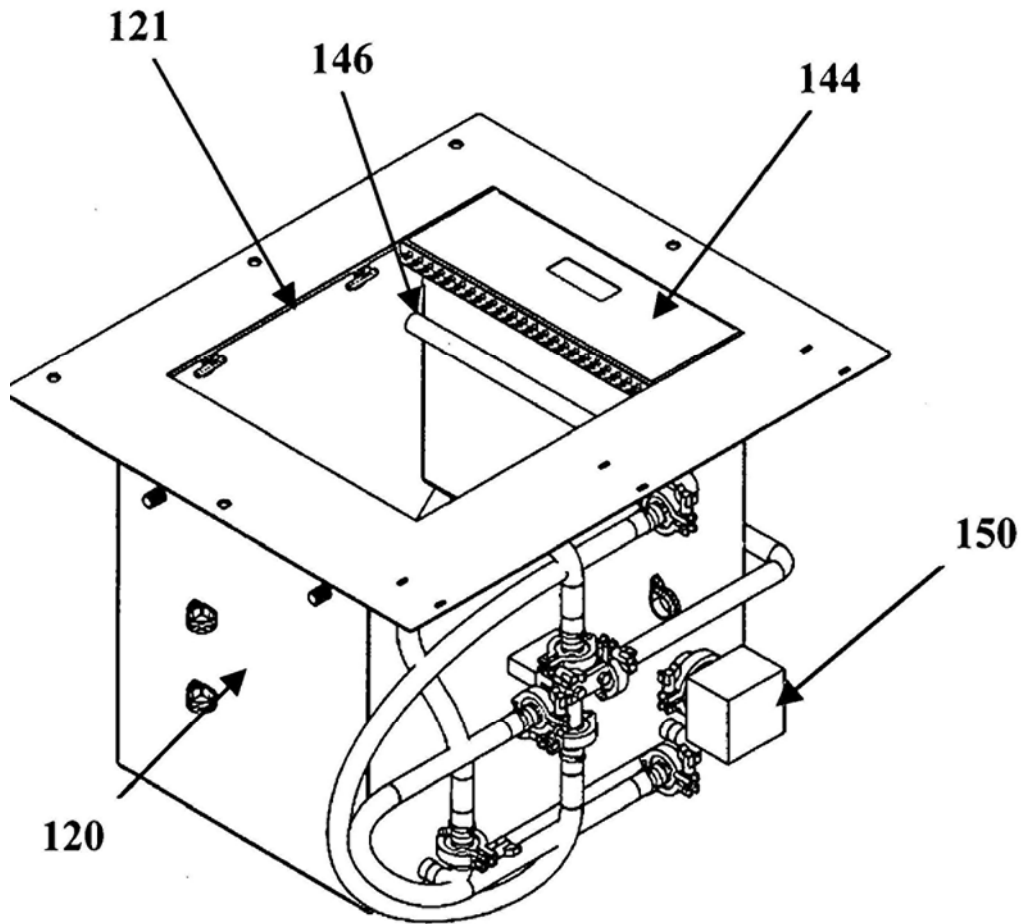


Figura 4

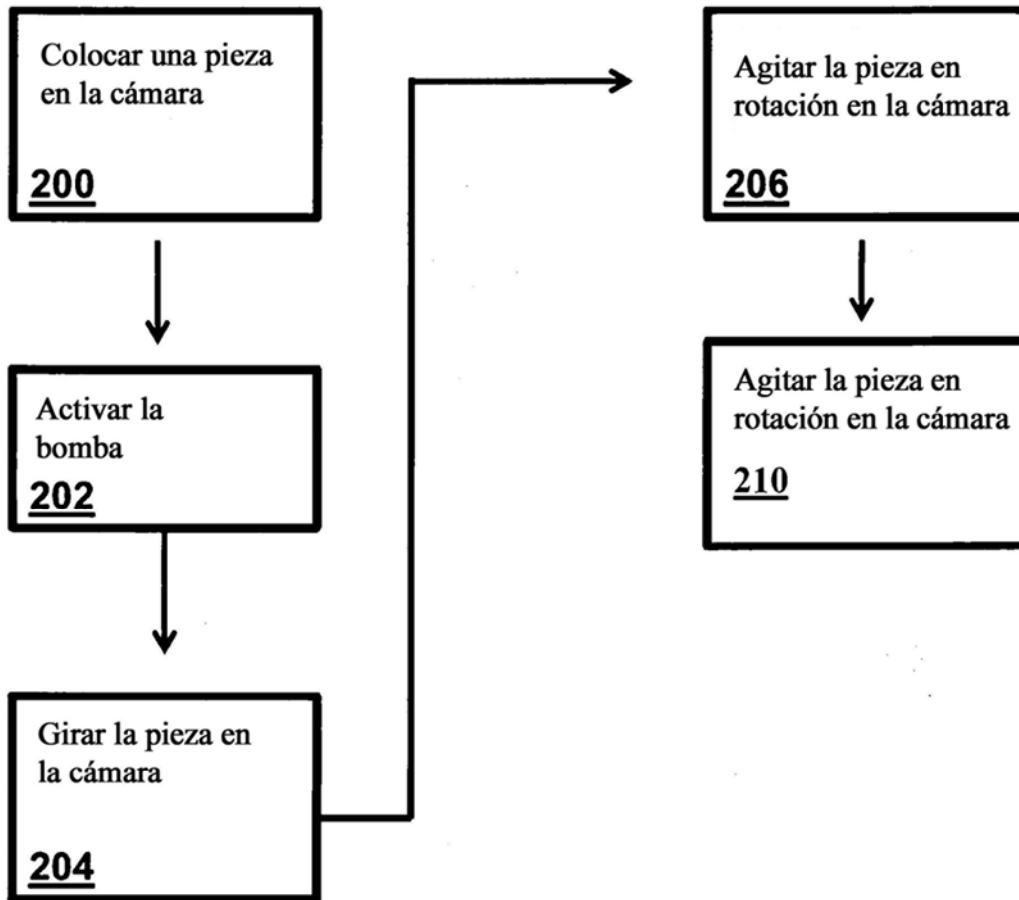


Figura 5

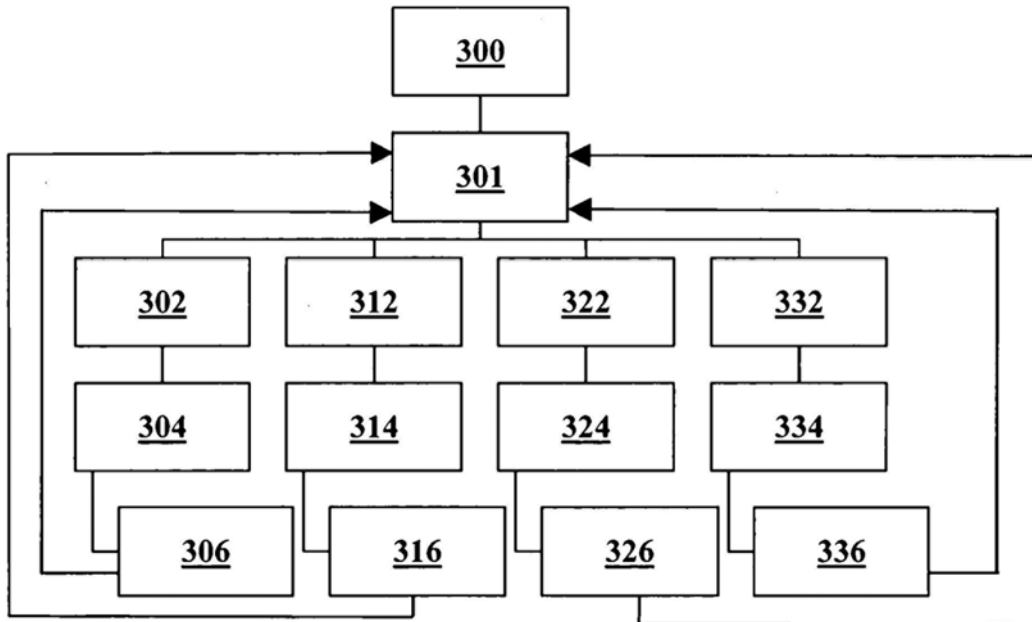


Figura 6

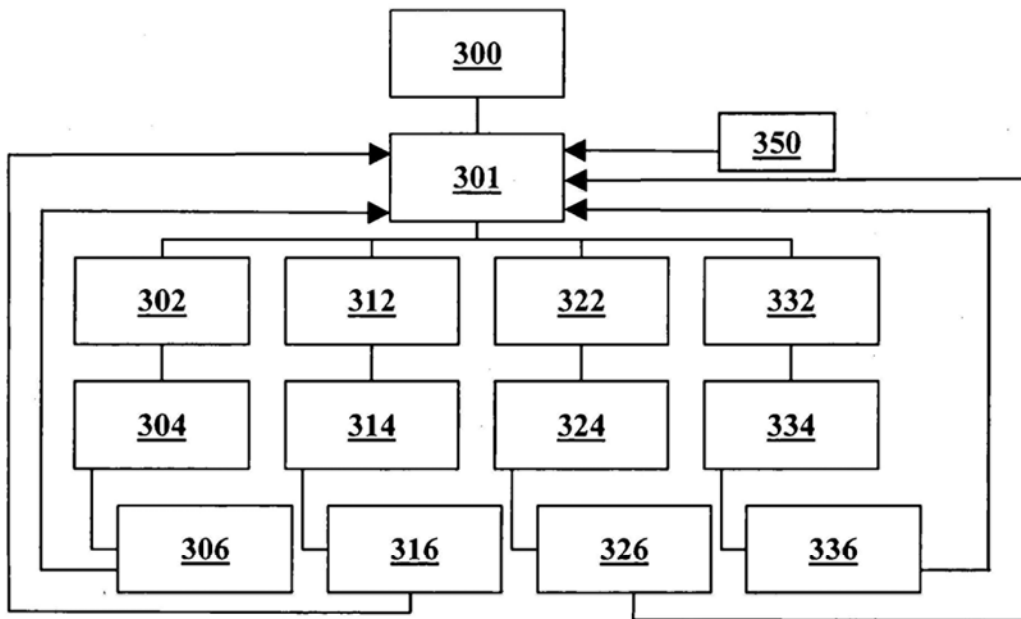


Figura 7