

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 939 060**

51 Int. Cl.:

B22F 3/02 (2006.01)

B22F 3/03 (2006.01)

B22F 10/10 (2011.01)

B29C 64/141 (2007.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B22F 10/43 (2011.01)

B22F 10/64 (2011.01)

B22F 5/10 (2006.01)

B29C 64/165 (2007.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.03.2018 PCT/IL2018/050319**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.09.2018 WO18173050**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.03.2018 E 18722739 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.12.2022 EP 3600724**

54 Título: **Método y sistema de fabricación aditiva con material en polvo**

30 Prioridad:

20.03.2017 US 201762473619 P

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

18.04.2023

73 Titular/es:

**STRATASYS LTD. (100.0%)
1 Holtzman Street Science Park P.O. Box 2496
7612401 Rehovot, IL**

72 Inventor/es:

**SHEINMAN, YEHOSHUA y
HIRSCH, SHAI**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 939 060 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de fabricación aditiva con material en polvo

Campo y antecedentes de la invención

La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se relaciona con el campo de la fabricación aditiva y, más particularmente, pero no exclusivamente, la fabricación aditiva de objetos tridimensionales con material en polvo.

Se conocen varios procesos diferentes para fabricar objetos sólidos mediante fabricación aditiva con capas sucesivas de material en polvo. Algunas técnicas de fabricación aditiva conocidas aplican selectivamente un material aglutinante líquido en base a un modelo tridimensional (3D) del objeto, aglutinando el material en polvo capa por capa para crear una estructura sólida. En algunos procesos, el objeto se calienta y/o se sinteriza para fortalecer aún más la unión del material al final del proceso de construcción.

La sinterización selectiva por láser (SLS, por sus siglas en inglés) utiliza un láser como fuente de energía para sinterizar capas de material en polvo. El láser se controla para apuntar a puntos en el espacio definidos por un modelo 3D, aglutinando el material capa por capa para crear una estructura sólida. La fusión selectiva por láser (SLM, por sus siglas en inglés) es una técnica comparable a la SLS que comprende la fusión completa del material en lugar de la sinterización. La SLM se aplica normalmente cuando la temperatura de fusión del polvo es uniforme, p. ej. cuando se utilizan polvos metálicos puros como material de construcción.

La patente de EE. UU. N° 4.247.508 titulada "Proceso de moldeo" describe un proceso de moldeo para formar un artículo 3D en capas. En una realización, se depositan secuencialmente capas planas de material. En cada capa, antes de la deposición de la siguiente capa, se solidifica una porción de su área para definir esa porción del artículo en esa capa. La solidificación selectiva de cada capa se puede lograr usando calor y una máscara seleccionada o usando un proceso de escaneo de calor controlado. En lugar de usar un láser para fusionar selectivamente cada capa, se puede emplear una máscara separada para cada capa y una fuente de calor. La máscara se coloca sobre su capa asociada y se sitúa una fuente de calor sobre la máscara. El calor que pasa a través de la abertura de la máscara fusionará las partículas expuestas a través de la abertura de la máscara. Las partículas no expuestas al calor directo no se fusionarán.

La patente de EE. UU. N° 5.076.869 titulada "Sistemas de múltiples materiales para la sinterización selectiva mediante haz" describe un método y un aparato para la sinterización selectiva de una capa de polvo para producir una pieza que comprende una pluralidad de capas sinterizadas. El aparato incluye un ordenador que controla un láser para dirigir la energía láser sobre el polvo para producir una masa sinterizada. Para cada sección transversal, el objetivo del rayo láser se escanea sobre una capa de polvo y el rayo se enciende para sinterizar solo el polvo dentro de los límites de la sección transversal. Se aplica polvo y se sinterizan capas sucesivas hasta formar una pieza completa. Preferiblemente, el polvo comprende una pluralidad de materiales que tienen diferentes temperaturas de disociación o de unión. El polvo preferiblemente comprende materiales mezclados o revestidos.

La publicación de patente internacional N° WO2015/170330 titulada "Método y aparato para impresión 3D mediante sinterización selectiva" describe un método para formar un objeto mediante impresión 3D que incluye proporcionar una capa de polvo en una bandeja de construcción, llevar a cabo la compactación en matriz de la capa, sinterizar la capa que está compactada en matriz mediante sinterización selectiva por láser o fusión selectiva por láser y repetir la provisión, la compactación en matriz y la sinterización por capa hasta completar el objeto tridimensional. La sinterización selectiva descrita es mediante un patrón de máscara que define un negativo de una porción de la capa a sinterizar.

La publicación de solicitud de patente de EE. UU. N° 20040018107 titulada "Fabricación de piezas metálicas utilizando inhibición selectiva de la sinterización (SIS)", describe una técnica de inhibición selectiva de la sinterización (SIS, por sus siglas en inglés) utilizada para fabricar un objeto metálico denso tridimensional (3-D) a partir de un polvo metálico sin aglutinante. Se proporcionan varias capas de polvo metálico en un tanque de construcción. Para cada capa, se inhiben de la sinterización regiones de la capa, p. ej., mediante el depósito de un material inhibidor de la sinterización tal como una suspensión de cerámica, una sal metálica o partículas metálicas oxidantes en el polvo usando productos químicos o una fuente de calor concentrada. Cada capa se puede compactar antes de proporcionar la siguiente capa. Se puede entonces sinterizar un compacto final. Las secciones sinterizadas no deseadas pueden eliminarse del compacto en los límites formados por las regiones inhibidas de la sinterización (no sinterizadas) y el objeto puede ser extraído.

Compendio de la invención

La presente invención proporciona un método para la fabricación aditiva de un bloque en verde que incluye un objeto en verde según la reivindicación 1.

Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para la fabricación aditiva con capas de polvo. En algunas realizaciones de ejemplo, se usa un polvo de aleación de aluminio como el material de construcción.

Opcionalmente, se pueden utilizar otros materiales tales como aluminio puro, otros polvos metálicos, material cerámico, material polimérico y una combinación de diferentes tipos de material.

5 Según algunas realizaciones ejemplares, se usa el mismo material en polvo tanto para construir el objeto como para soportar el objeto. Por ejemplo, durante el proceso de construcción de capas, el polvo puede servir como soporte para construir superficies de pendiente negativa del objeto o volúmenes huecos incluidos en el objeto. Opcionalmente, al final del proceso de construcción de capas, se forma un bloque en verde que incluye un patrón embebido en el mismo que define uno o más elementos, p. ej. compactos en verde de modelos utilizables y compactos en verde de elementos de soporte. Opcionalmente, se aplica compactación en el bloque en verde al final del proceso de construcción de capas y antes de separar los compactos en verde de los modelos utilizables de los compactos en verde de los elementos de soporte. Se puede aplicar entonces la sinterización, p. ej. de los compactos en verde de los modelos utilizables para completar el objeto,

15 Según algunas realizaciones ejemplares, un límite entre el área de soporte (p. ej. áreas destinadas a comprender compactos en verde de elementos de soporte) y el área de modelo (p. ej. áreas destinadas a comprender compactos en verde de modelos utilizables) está definido por un patrón de material no en polvo que se deposita por capa. Para cada capa, una impresora tridimensional (3D) dispensa un material no en polvo que separará el material en polvo usado para construir el objeto, del material en polvo usado para soportar el objeto que se está construyendo. En algunas implementaciones de ejemplo, el patrón también está definido para dividir el área de soporte en secciones de soporte discretas que se puedan separar del objeto al final del proceso de construcción de capas, es decir, compactos en verde de elementos de soporte.

20 Según la invención, el material no en polvo es una tinta solidificable (p. ej. tinta térmica) que se imprime por capa. Para cada capa, una impresora tridimensional (3D) dispensa una tinta que separará el material en polvo utilizado para construir el objeto del material en polvo utilizado para soportar el objeto que se está construyendo. En algunas implementaciones de ejemplo, el patrón de tinta solidificable también está definido para dividir el área de soporte en secciones de soporte discretas que se puedan separar del objeto al final del proceso de construcción de capas, es decir, compactos en verde de elementos de soporte. En algunas implementaciones de ejemplo adicionales, la tinta solidificable se puede aplicar como una máscara negativa en áreas definidas. La máscara negativa puede impedir la cohesión entre las partículas de polvo cuando se compactan las capas. En algunas implementaciones de ejemplo adicionales, se puede aplicar la tinta solidificable para alterar propiedades mecánicas en ubicaciones definidas del bloque de capas a medida que se construyen. En algunas implementaciones de ejemplo, el patrón de tinta solidificable también está definido para diferenciar o formar un límite entre dos o más modelos o partes de modelos diferentes (p. ej. compactos en verde de modelos utilizables).

Otras ventajas de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

35 A menos que se defina de otro modo, todos los términos técnicos y/o científicos utilizados en la presente memoria tienen el mismo significado que entienden comúnmente los expertos en la técnica a la que pertenece la invención. Aunque en la práctica o prueba de realizaciones de la invención se pueden usar métodos y materiales similares o equivalentes a los descritos en la presente memoria, se describen a continuación métodos y/o materiales ejemplares. En caso de conflicto, prevalecerá la especificación de la patente, incluidas las definiciones. Además, los materiales, métodos y ejemplos son solo ilustrativos y no pretenden ser necesariamente limitativos.

Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

40 Con referencia a los dibujos adjuntos, se describen en la presente memoria, solo a modo de ejemplo, algunas realizaciones de la invención. Con referencia específica ahora a los dibujos en detalle, se destaca que los detalles mostrados son a modo de ejemplo y con fines de discusión ilustrativa de realizaciones de la invención. A este respecto, la descripción tomada con los dibujos hace evidente a los expertos en la técnica cómo se pueden poner en práctica las realizaciones de la invención.

45 En los dibujos:

La Figura 1 es un dibujo esquemático simplificado de un sistema de fabricación aditiva ejemplar que puede implementar el método de la invención;

la Figura 2 es un dibujo esquemático simplificado de un ejemplo de proceso de construcción de capas (vista lateral) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

50 la Figura 3 es un diagrama de bloques simplificado de un proceso cíclico de construcción de capas de ejemplo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

las Figuras 4A y 4B son dibujos esquemáticos simplificados de un sistema de compactación ejemplar que puede implementar el método de la invención en un estado liberado y comprimido respectivamente (vistas laterales);

55 la Figura 5 es un diagrama de bloques simplificado de una impresora ejemplar para imprimir patrones por capas para definir el objeto que puede implementar el método de la invención;

la Figura 6 es una representación esquemática simplificada de un patrón impreso en una capa (vista superior) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

la Figura 7 es una representación esquemática simplificada de tres capas impresas (vista lateral) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

5 la Figura 8 es un dibujo esquemático simplificado de otro patrón de ejemplo formado en una capa (vista superior) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

la Figura 9 es un dibujo esquemático simplificado de un patrón de ejemplo que incluye un área de máscara negativa (vista superior) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

10 la Figura 10 es una imagen de un patrón de ejemplo dentro de una capa de polvo (vista superior) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

la Figura 11 es un dibujo esquemático simplificado de una partición de ejemplo formada con tinta solidificable (vista lateral) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

15 las Figuras 12A y 12B son dibujos esquemáticos simplificados de columnas de ejemplo formadas a partir de tinta solidificable a través de capas que se muestran en una vista superior y lateral respectivamente y de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

la Figura 13 es un dibujo esquemático simplificado de anclajes de ejemplo formados a partir de tinta solidificable sobre una pluralidad de capas (vista lateral) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención;

la Figura 14 es un diagrama de flujo simplificado de un método de ejemplo para la fabricación aditiva con material en polvo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención; y

20 las Figuras 15A, 15B, 15C, 15D, 15E y 15F que muestran objetos de ejemplo fabricados con el método de fabricación aditiva según la invención.

Descripción de realizaciones específicas de la invención

25 La presente invención, en algunas realizaciones de la misma, se refiere a la impresión tridimensional (3D) con capas de material en polvo y, más particularmente, pero no exclusivamente, a la impresión 3D de objetos metálicos con metal en polvo.

Como se emplean en la presente memoria, los términos "bloque en verde" y "compacto en verde" son intercambiables. Además, como se emplea en la presente memoria, "compactos en verde de modelos utilizables" y los "cuerpos en verde" son intercambiables. Los términos "objeto", "modelo" y "modelo utilizable" tal como se emplean en la presente memoria son intercambiables.

30 Además, como se emplea en la presente memoria, "compactos en verde de elementos de soporte", "elemento de soporte", "secciones discretas de un área de soporte" y "secciones discretas" son intercambiables.

35 En la presente memoria, los términos "bloque en verde", "compacto en verde", "compactos en verde de modelos utilizables", "cuerpos en verde", "compactos en verde de elementos de soporte", se refieren respectivamente a un "bloque", un "compacto", "compactos de modelos utilizables", "cuerpos" y "compactos de elementos de soporte" cuyo componente principal es un material aglutinado, normalmente en forma de polvo unido, antes de someterse a un proceso de sinterización.

Además, se considera que los términos "máscara", "patrón", "patrón de máscara" o "patrón impreso" se refieren a un patrón formado con un material solidificable no en polvo, p. ej. tinta solidificable.

40 El término "bloque de impresión" se refiere a la parte del sistema o estación de impresión de inyección de tinta 3D que alberga, *inter alia*, los cabezales de impresión de inyección de tinta.

45 Según un aspecto de algunas realizaciones de la presente invención, se proporciona un método para la fabricación aditiva con capas de polvo. En algunas realizaciones de ejemplo, se usa un polvo de aleación de aluminio como el material de construcción. Opcionalmente, se pueden utilizar otros materiales como aluminio puro, otros polvos metálicos, material cerámico, material polimérico y una combinación de diferentes tipos de material. De Según algunas realizaciones ejemplares, se usa el mismo material en polvo tanto para construir el objeto como para soportar el objeto. Por ejemplo, durante el proceso de construcción de capas, el polvo puede servir como soporte para construir superficies de pendiente negativa del objeto o volúmenes huecos incluidos en el objeto.

50 Al final del proceso de construcción, se forma un bloque en verde que incluye un patrón embebido en el mismo que delimita uno o más elementos, p. ej. compactos en verde de modelos utilizables y compactos en verde de elementos de soporte. Opcionalmente, se aplica compactación en el bloque en verde al final del proceso de construcción de capas y antes de separar los compactos en verde de los modelos utilizables de los compactos en verde de los

elementos de soporte. Se aplica entonces sinterización, p. ej. de los compactos en verde de los modelos utilizables para completar el objeto.

Según la invención, el material solidificable no en polvo es una tinta solidificable. Como se emplea en la presente memoria, el término "tinta solidificable" se refiere a un material de tinta que es sólido a temperatura ambiente y líquido en el momento de imprimir. Ejemplos no limitativos de tintas solidificables incluyen cera, polímeros fotocurables, tintas térmicas (o tintas de cambio de fase) y cualquier combinación de los mismos. Tinta térmica y tinta de cambio de fase como se emplean en la presente memoria son términos intercambiables y pueden definirse como un material que es sólido a temperatura ambiente, tiene un punto de fusión de menos de 120 °C, una viscosidad de menos de 0,05 Pa·s (50 cPs) entre la temperatura del punto de fusión y 120 °C y que se evapora sustancialmente sin trazas de carbono a una temperatura superior a 100 °C. Sustancialmente, sin trazas de carbono puede definirse como menos del 5% en peso o menos del 1% en peso. En algunas realizaciones de ejemplo, la tinta térmica tiene una temperatura de fusión de entre 55 y 65 °C y una temperatura de trabajo de aproximadamente 65-75 °C, la viscosidad puede estar entre 0,015 y 0,017 Pa·s (15 y 17 cPs). Según realizaciones de la presente invención, la tinta térmica está configurada para evaporarse en respuesta al calentamiento con pocas trazas de carbono o ninguna.

El sistema que puede implementar el método de la invención incluye una bandeja de construcción, una impresora 3D para imprimir un patrón con un material solidificable no en polvo, un dispensador de polvo con esparcidor para aplicar material en polvo sobre el patrón y una unidad de compactación de proceso para compactar las capas por capa. Según algunas realizaciones ejemplares, un accionamiento lineal controlado puede hacer avanzar repetidamente la bandeja de construcción a cada uno de entre la impresora 3D, el dispensador de polvo y la unidad de compactación de proceso para construir la pluralidad de capas. En algunas realizaciones ejemplares, el sistema incluye una unidad de compactación adicional para compactar el bloque en verde, p. ej. al final del proceso de construcción del bloque en verde. Opcionalmente, el patrón de material solidificado no en polvo se evapora calentándolo en un proceso de calentamiento dedicado y las regiones de soporte se eliminan para extraer los compactos en verde de los modelos utilizables del bloque en verde. Opcionalmente, los compactos en verde de los modelos utilizables se sinterizan luego en una unidad de sinterización en horno. En realizaciones específicas, el material solidificado no en polvo se quema y las múltiples capas se fusionan durante el proceso de sinterización.

Según algunas realizaciones ejemplares, la impresora 3D es una impresora de chorro de tinta y el material solidificable no en polvo es una tinta solidificable. La tinta solidificable se deposita selectivamente para trazar un patrón para cada capa que puede incluir varios elementos estructurales tales como líneas, puntos, esquinas, elementos ficticios y perímetros. En realizaciones específicas, el patrón impreso traza un perímetro del modelo o modelos a construir y también divide el área de soporte en secciones discretas que puedan luego separarse de los compactos de los modelos utilizables. Tanto la forma como el tamaño de las secciones discretas pueden definirse en relación con su proximidad al modelo/s que se está/n construyendo, es decir, el modelo utilizable. En algunas realizaciones de ejemplo, los espesores de los elementos de tinta solidificable que definen el perímetro se seleccionan en base a la proximidad al modelo y el tamaño de las secciones discretas circundantes, vecinas o adyacentes. Opcionalmente, la tinta solidificable se define para construir un patrón de romboides sobre o a través de una pluralidad de capas. En algunas realizaciones de ejemplo, la tinta solidificable se define para construir una sección discreta de soporte con un ángulo de desmoldeo definido basado en la geometría del objeto.

Según algunas realizaciones de ejemplo, la impresión 3D también se puede aplicar para tramar el material solidificable no en polvo dentro del polvo en áreas de soporte por capa para formar una máscara negativa que evite o debilite la cohesión entre las partículas de polvo durante la compactación. Tal máscara negativa puede ser útil temporalmente para construir modelos con huecos internos estrechos (p. ej. tubos o tuberías) o cavidades con aberturas pequeñas. En tales casos, una vez que se ha evaporado el material solidificable no en polvo, el polvo restante puede eliminarse fácilmente del tubo o cavidad. En algunas realizaciones de ejemplo adicionales, se puede aplicar tramado en áreas de soporte para fortalecer la capa de polvo y/o para ayudar a la adhesión entre capas en ubicaciones definidas a lo largo de la bandeja de construcción. Opcionalmente, el material solidificable no en polvo que se aplica para tramar tiene una composición diferente al material solidificable no en polvo que se aplica para imprimir elementos del patrón que definen los perímetros alrededor del modelo (es decir, delimitan el contorno del modelo) y entre las secciones del material de soporte.

En algunas realizaciones de ejemplo, la impresora 3D también se puede aplicar para imprimir una capa de material solidificable no en polvo en una huella completa de una bandeja de construcción antes de dispensar la primera capa de polvo en la bandeja de construcción. Esta capa de material solidificable no en polvo puede estabilizar la/s primera/s capa/s de polvo y también puede permitir la separación del bloque en verde de la bandeja de construcción al final del proceso de construcción.

En algunas realizaciones de ejemplo, la impresora 3D también se puede aplicar para construir columnas de soporte con el material solidificable no en polvo a lo largo de la altura del bloque de capas.

La impresora 3D incluye cabezales de impresión de inyección de tinta ensamblados en un bloque de impresión de escaneo que se mueve sobre la bandeja de construcción para escanear la capa durante la impresión, mientras que la bandeja de construcción permanece estacionaria. Alternativamente, se puede usar una plataforma de precisión para hacer avanzar la bandeja de construcción en la dirección de escaneo mientras el bloque de cabezales de impresión

por chorro de tinta permanece estacionario en esa dirección y movable en la dirección ortogonal, o completamente estacionario. En algunas realizaciones, el patrón completo de una capa específica se puede imprimir en una sola pasada.

5 Según algunas realizaciones ejemplares, todo el proceso de construcción de capas se puede realizar a temperatura ambiente. La capacidad de operar a temperatura ambiente se asocia típicamente con un menor coste de operación y también con un coste reducido del sistema. La operación a altas temperaturas generalmente requiere más medidas de seguridad que generalmente se asocian con costes más altos.

10 Según algunas realizaciones ejemplares, el conjunto de capas se puede compactar nuevamente en una segunda unidad de compactación a presión y/o temperatura más altas y también durante más tiempo, después de que se complete el proceso de construcción del bloque en verde. Alternativamente, no se requiere la segunda unidad de compactación.

15 Se sabe que la construcción con aluminio es ventajosa debido a su peso ligero, conducción de calor y electricidad, y su relativa resistencia a la corrosión. Típicamente, la temperatura de fusión del aluminio es relativamente baja. Uno de los desafíos de construir con polvo de aluminio es que las partículas de aluminio del polvo tienden a formar un recubrimiento de óxido de aluminio, p. ej. alúmina. El recubrimiento de óxido de aluminio introduce una barrera entre las partículas de aluminio que interfiere con la unión de las partículas durante la sinterización. El resultado final suele ser un objeto con resistencia reducida debido a la mala unión entre los elementos en polvo. La compactación de los modelos utilizables en verde puede promover la unión durante la sinterización al romper la capa de alúmina para exponer el aluminio y permitir el acoplamiento directo entre las partículas de aluminio del material en polvo.

20 Antes de explicar en detalle al menos una realización de la invención debe entenderse que la invención no está necesariamente limitada en su aplicación a los detalles de construcción y la disposición de los componentes y/o métodos expuestos en la siguiente descripción y/o ilustrados en los dibujos o imágenes. La invención es susceptible de otras realizaciones o de ser puesta en práctica o llevada a cabo de varias maneras.

25 Con referencia ahora a los dibujos, la Figura 1 muestra un diagrama de bloques simplificado de un sistema de fabricación aditiva ejemplar que puede implementar el método de la invención.

30 El sistema 100 de fabricación aditiva está integrado en una plataforma 500 de trabajo. La plataforma 500 de trabajo incluye una plataforma 250 de precisión en la que se hace avanzar una bandeja 200 de construcción a través de una pluralidad de estaciones para formar un bloque en verde, p. ej. un bloque 15 de capas, de una en una. Normalmente, la plataforma 250 de precisión es una plataforma lineal, p. ej. una plataforma X-Z que proporciona movimiento a lo largo de un solo eje, p. ej. un eje X mientras construye una capa y también proporciona movimiento en la dirección vertical (eje Z) para ajustar la altura de la bandeja 200, p. ej. bajando la bandeja 200 a medida que se agrega cada nueva capa.

35 La plataforma 500 de trabajo incluye una estación 30 de plataforma de impresión, para imprimir un patrón de un material no en polvo, una estación 10 de dispensación de polvo para dispensar una capa de polvo, una estación 20 de esparcimiento de polvo para esparcir una capa de polvo dispensado y una estación 40 de compactación para compactar la capa de polvo que incluye opcionalmente un patrón impreso. Típicamente, para cada capa, la bandeja 200 de construcción avanza a cada una de las estaciones y luego repite el proceso hasta que se han impreso todas las capas.

40 La bandeja 200 se hace avanzar en una dirección con una parada en la estación 30 de plataforma de impresión y luego invierte la dirección con paradas en la estación 10 de dispensación de polvo, la estación 20 de esparcimiento de polvo y la estación 40 de compactación. Un controlador 300 controla el funcionamiento de cada una de las estaciones de la plataforma 500 de trabajo y coordina el funcionamiento de cada una de las estaciones con el posicionamiento y/o movimiento de la bandeja 200 en la plataforma 250 de precisión. Típicamente, el controlador 300 incluye y/o está asociado con memoria y capacidad de procesamiento. Opcionalmente, la estación 10 de dispensación de polvo y la estación 20 de esparcimiento de polvo están combinadas en una sola estación de distribución de polvo.

45 Opcionalmente, una estación 60 de compactación adicional compacta el conjunto a una presión de 150-350 MPa y opcionalmente a una temperatura de hasta 430 °C durante entre 1 y 6 minutos. Esta estación de compactación adicional también puede permitir la compactación en matriz que mantenga la precisión en el eje Z. Opcionalmente, es la estación 60 de compactación adicional la que compacta el bloque de capas para formar un bloque en verde que incluye compacto/s en verde de modelos utilizables y compacto/s en verde de elementos de soporte antes del procesamiento posterior. Alternativamente, la estación 40 de compactación completa la compactación durante el proceso de construcción de capas o al final del proceso de construcción de capas.

50 Típicamente, la estación 70 de sinterización y opcionalmente la estación 60 de compactación adicional son estaciones independientes que están separadas de la plataforma 500 de trabajo. Opcionalmente, el bloque 15 de capas se coloca manualmente en la estación 70 de sinterización y/o la estación 60 de compactación adicional y no mediante la plataforma 250 de precisión. Opcionalmente, la estación de sinterización adicional proporciona un entorno inerte para la sinterización, utilizando, por ejemplo, una fuente 511 de gas inerte. Opcionalmente, la fuente 511 de gas inerte es una fuente de nitrógeno.

Opcionalmente, cada una de entre la estación 60 de compactación adicional y la estación 70 de sinterización tiene un controlador separado para operar cada estación respectiva.

Según algunas realizaciones de ejemplo, antes de la sinterización, el patrón formado a partir del material solidificable no en polvo se evapora por calentamiento en un proceso de calentamiento dedicado y las secciones de soporte se retiran para liberar los compactos en verde de los modelos utilizables. El calentamiento puede ser a temperaturas de 100 °C–150 °C o hasta 200 °C. El material solidificable no en polvo puede estar configurado para evaporarse a tales temperaturas sin sustancialmente trazas de carbono. Opcionalmente, el calentamiento se lleva a cabo después de que se hayan completado una o más etapas de compactación. El o los compacto/s en verde de los modelos utilizables pueden sinterizarse luego para formar el objeto final.

Después de una etapa adicional de compactación se puede aplicar sinterización en horno. Las temperaturas y la duración de la sinterización dependen típicamente del material en polvo utilizado y, opcionalmente, del tamaño del objeto que se está fabricando. En algunas realizaciones ejemplares, el material en polvo es aluminio. La primera etapa del proceso de sinterización en horno puede ser a 300 a 400 °C durante un período de 20 a 180 minutos. El entorno del horno puede ser inerte (nitrógeno) o aireado en esta etapa. La sinterización a temperaturas más altas se puede realizar típicamente en un entorno de nitrógeno. Opcionalmente, el objeto puede estar a 570 °C a 630 °C durante 60 a 180 minutos, para polvo de aluminio. Para polvo de acero inoxidable, por ejemplo, la temperatura puede alcanzar los 1250 °C. La atmósfera necesaria para la sinterización de acero inoxidable es una atmósfera reducida, tal como por ejemplo hidrógeno, y no una atmósfera inerte. Opcionalmente, el horno es capaz de cambiar la temperatura a una velocidad de 2-20 °C/min. Típicamente, la sinterización se realiza en una pluralidad de etapas, cada etapa a una temperatura definida y durante un período definido. En algunas realizaciones específicas, en donde se usa un fotopolímero curado para formar un patrón dentro del bloque de capas, la etapa de sinterización se puede usar para quemar el fotopolímero de modo que el modelo se pueda liberar de las secciones de soporte circundantes.

El sistema 100 de fabricación aditiva descrito en la presente memoria permite imprimir a una velocidad mejorada. Por ejemplo, el tiempo de impresión por capa puede ser de entre 25 y 35 segundos y el tiempo de construcción estimado para un bloque en verde que incluya 400 capas puede ser de unas 4 horas. Un bloque 15 construido en la bandeja 200 de construcción puede incluir una pluralidad de modelos utilizables embebidos, p. ej. 1-15 objetos. Una huella de ejemplo del bloque 15 puede ser de 20x20 cm.

Ahora se hace referencia a la Figura 2, que muestra un dibujo esquemático simplificado de un proceso de construcción de capas ejemplar de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. La Figura 2 muestra una tercera capa 506 de ejemplo en el proceso de ser construida sobre una primera capa 502 y una segunda capa 504 de ejemplo. Según la invención, se dispensa un patrón 510 por capa con una impresora tridimensional. Según la invención, el patrón 510 se forma con un material solidificable no en polvo, p. ej. una tinta solidificable. El patrón 510 puede contactar físicamente con un patrón 510 en una capa o capas anteriores, p. ej. las capas 504 y 502 o puede disponerse sobre un área de la capa anterior que incluya el material en polvo. La altura del patrón 510 por capa puede ser sustancialmente la misma que la altura de la capa u opcionalmente ser más corta que la altura de la capa, p. ej. la porción 510A del patrón 510 en la capa 504.

El polvo 51 se esparce sobre el patrón 510 y a lo largo de una huella de una bandeja 200 de construcción. En algunas realizaciones de ejemplo, el polvo 51 se esparce con un rodillo 25. Opcionalmente, el rodillo 25 se acciona tanto para girar en torno a su eje 24 como para moverse a través de la bandeja 200 de construcción a lo largo de un eje X. Una vez que el polvo 51 está esparcido a lo largo de la huella de la bandeja 200, se puede aplicar compactación 520 en toda la capa para compactar la capa 506. Típicamente, la altura de la capa 506 se reduce debido al proceso de compactación, opcionalmente así como las capas anteriores 502 y 504.

Se hace referencia ahora a la Figura 3, que muestra un diagrama de bloques simplificado de un proceso cíclico ejemplar para construir capas de acuerdo con la presente invención. Un objeto (es decir, un compacto en verde de un modelo utilizable) se construye capa por capa dentro de un bloque en verde en un proceso cíclico. Cada ciclo del proceso cíclico incluye las etapas de imprimir un patrón (bloque 250) en una estación 30 de plataforma de impresión, dispensar (bloque 260) y esparcir (bloque 270) un material en polvo sobre el patrón en la estación 10 de dispensación y la estación de 20 esparcimiento (combinadas opcionalmente en una sola "estación de distribución de polvo") y compactar la capa de polvo incluyendo el patrón (bloque 280) en una estación 40 de compactación. El patrón se forma a partir de un material solidificable no en polvo, tal como una tinta solidificable. La compactación puede comprender la compactación en matriz por capas. Cada ciclo forma una capa del bloque en verde y el ciclo se repite hasta que se hayan construido todas las capas. Opcionalmente, una o más capas pueden no requerir un patrón y la etapa de imprimir el patrón (bloque 250) puede excluirse de las capas seleccionadas. Opcionalmente, una o más capas pueden no requerir material en polvo y la etapa de dispensar y esparcir un material en polvo (bloques 260 y 270) puede excluirse de las capas seleccionadas. Este proceso cíclico produce un bloque en verde, que incluye uno o más compactos en verde de modelos utilizables, uno o más compactos en verde de elementos de soporte y un material solidificado no en polvo.

Se hace referencia ahora a las Figuras 4A y 4B, que muestran dibujos esquemáticos simplificados de una estación de compactación en matriz ejemplar que se muestra en un estado liberado y comprimido respectivamente.

Una estación 40 de compactación puede incluir un pistón 42 que proporciona la presión de compactación para compactar una capa 300. Durante la compactación, el pistón 42 puede elevarse a través de un orificio 49 y opcionalmente empuja el vástago 42A en la plataforma 500 de trabajo o la plataforma 250 de precisión y levanta la bandeja 200 de construcción hacia una superficie 45 colocada encima de la bandeja 200. El vástago 42A puede funcionar para reducir la distancia que se requiere que el pistón 42 recorra para lograr la compactación.

Opcionalmente, una vez que la capa 300 hace contacto con la superficie 45, las paredes 43 se cierran en torno a la capa 300 para mantener una huella constante de la capa 300 durante la compactación.

La bandeja 200 de construcción puede estar asegurada a una o más guías lineales 41 que se desplazan a lo largo de cojinetes lineales 46 a medida que el pistón 42 eleva y/o baja la bandeja 200. Opcionalmente, la bandeja 200 se levanta contra uno o más resortes 47 de compresión. La fuerza gravitacional así como los resortes 47 pueden permitir bajar el pistón 42 después de compactar la capa 300.

Se puede aplicar una presión de hasta 250 MPa o 300 MPa para compactar una capa. Típicamente, la presión aplicada permite eliminar el aire y hacer que el polvo de la capa 300 supere su estado elástico, de modo que se consiga una deformación permanente de la capa. Opcionalmente, la compactación permite aumentar la densidad relativa de la capa hasta aproximadamente el 70% al 75% de la densidad del metal forjado del material en polvo. Para varias aleaciones, la densidad relativa puede alcanzar hasta el 90% de la densidad del metal forjado. Opcionalmente, la compactación reduce el espesor de una capa hasta en un 25%. Opcionalmente, se aplica una presión de compactación de alrededor de 30 - 90 MPa. Opcionalmente, la compactación se realiza a temperatura ambiente.

En algunas realizaciones, la superficie superior 45 se puede calentar, p. ej. precalentar con un elemento calefactor 44 durante la compactación. Cuando se calienta la superficie 45, la capa 300 puede alcanzar su estado de deformación plástica y/o permanente con menos presión aplicada sobre la capa. Opcionalmente, en el caso de polvo de aluminio, la superficie superior 45 se calienta a una temperatura de 150 °C, p. ej. 150 - 200 °C. Por lo general, existe un equilibrio entre la temperatura y la presión de compactación. El aumento de la temperatura durante la compactación puede permitir alcanzar la deformación plástica a una presión más baja. Por otro lado, la reducción de la temperatura de la superficie superior 45 puede reducir la eficiencia energética de la compactación ya que puede requerirse una presión más alta.

Se hace referencia ahora a la Figura 5, que muestra un dibujo esquemático simplificado de un sistema de impresión 3D ejemplar que puede implementar el método de la invención.

La estación 30 de plataforma de impresión incluye un cabezal 35 de impresión de inyección de tinta que deposita una tinta solidificable 32 en base a datos 39 del patrón generados. Normalmente, el patrón se define por datos 39 del patrón que se almacenan en la memoria. Típicamente, los datos del patrón se generan mediante un programa de software de diseño asistido por ordenador (CAD, por sus siglas en inglés) o similar.

Opcionalmente, el cabezal 35 de impresión está estacionario y el controlador 37 de la impresora junto con el controlador 300 del sistema controlan el momento de depositar la tinta solidificable 32 a medida que la bandeja 200 avanza bajo el cabezal 35 de impresión. Opcionalmente, el cabezal 35 de impresión está montado en una plataforma en el eje Y y se mueve en una dirección perpendicular a la bandeja 200. Alternativamente, la bandeja 200 está estacionaria durante la impresión y el cabezal 35 de impresión está soportado por una plataforma X, Y o XY para mover el cabezal 35 de impresión en una o más direcciones. Típicamente, el cabezal 35 de impresión incluye un conjunto de boquillas a través de las cuales se deposita selectivamente la tinta solidificable.

Se hace referencia ahora a la Figura 6, que muestra una representación esquemática simplificada (vista desde arriba) de una capa del patrón impresa en una bandeja de construcción (o una superficie de capa superior anterior) de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Según algunas realizaciones de la presente invención, el cabezal 35 de impresión imprime con tinta solidificable un patrón que delimita un contorno 150 del modelo que se está formando, en cada capa. Normalmente, la primera capa del patrón se imprime en la bandeja 200 de construcción u otra superficie de construcción. En algunas realizaciones ejemplares, el cabezal de impresión imprime adicionalmente líneas 155 de patrón que se extienden desde el contorno 150 hacia los bordes de la bandeja 200 de construcción u hacia canales 250 en los bordes de la bandeja 200 de construcción. En algunas realizaciones ejemplares, las líneas 155 de patrón del patrón de tinta solidificable dentro de la capa están definidas para dividir el polvo de fuera del contorno 150 (es decir, en el área de soporte) en secciones discretas para que el área de fuera del contorno 150 se pueda separar fácilmente del modelo al final del proceso de construcción del bloque en verde.

Se hace referencia ahora a la Figura 7, que muestra una representación esquemática simplificada de tres capas impresas para formar un objeto de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Según algunas realizaciones de la presente invención, la tinta solidificable 510 dispuesta en una capa 300 puede contactar físicamente con la tinta solidificable 510 dispuesta en una capa posterior 300 para formar un límite continuo a través de las capas 300. Este límite continuo formado por patrones apilados 510 puede definir un contorno en 3D del modelo al final del proceso de construcción del bloque en verde y también puede definir secciones de soporte.

Se hace referencia ahora a la Figura 8, que muestra un dibujo esquemático simplificado de un patrón de ejemplo formado en una capa para construir un objeto tridimensional de acuerdo con algunas realizaciones de la presente

invencción. Según implementaciones de ejemplo, el material solidificable no en polvo, p. ej. una tinta solidificable, traza un contorno 150 de un objeto 750 y también divide el área de soporte con líneas 155 de patrón en secciones que pueden separarse fácilmente del objeto 750 al final del proceso de construcción del bloque en verde. Algunas áreas de soporte se dividen en grandes secciones 710 de soporte. Otras áreas de soporte se pueden dividir en secciones 720 de soporte más pequeñas que tienen en cuenta la geometría del objeto 750 más cuidadosamente y facilitan la separación de las secciones 720 de soporte del objeto 750 al final del proceso de construcción del bloque en verde. En algunas realizaciones de ejemplo, las secciones 720 de soporte pueden definirse para proporcionar un ángulo de desmoldeo deseado para facilitar la extracción del objeto 750 del bloque en verde. Tanto el tamaño como la forma de las secciones 720 de soporte pueden definirse para facilitar la separación del objeto del bloque en verde. Cerca de la superficie del objeto 750 se pueden definir secciones 720 de soporte más pequeñas y lejos de la superficie del objeto 750 se pueden definir secciones 710 de soporte más grandes.

Se hace referencia ahora a la Figura 9, que muestra un dibujo esquemático simplificado de un patrón de ejemplo que incluye un área de máscara negativa de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invencción. El enmascaramiento negativo se puede aplicar en áreas definidas donde pueda ser difícil eliminar las secciones de soporte solidificadas, p. ej. tal como dentro de cavidades definidas por el objeto. El enmascaramiento negativo crea una sección 730 de soporte que permanecerá en estado de polvo después de que se elimine el no polvo solidificable y, por lo tanto, se podrá retirar fácilmente de la cavidad (es decir, a diferencia de otras áreas de soporte que se solidifican en secciones discretas durante el proceso). Según algunas realizaciones de ejemplo, el enmascaramiento negativo se forma tramando material solidificable no en polvo en una sección 730 de soporte definida. El grado de tramado puede variar entre 5-50% o entre 5-100% de material solidificable no en polvo en la capa. Típicamente, una partición de material solidificado no en polvo separa la máscara negativa del objeto. Algunas partes de una capa pueden estar dispuestas con máscara negativa, mientras que otras partes pueden incluir un patrón que divida el área de soporte en secciones 710 de soporte discretas.

Se hace referencia ahora a la Figura 10, que muestra una imagen de un patrón de ejemplo de un material solidificado no en polvo, p. ej. una tinta solidificada, dentro de una capa de polvo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invencción. Los elementos estructurales construidos con material solidificable no en polvo se muestran como líneas o puntos blancos y el material en polvo se muestra en negro. Las áreas grises incluyen un tramado de material solidificable no en polvo dentro del material en polvo. En algunas implementaciones de ejemplo, las paredes o divisiones de material solidificable no en polvo que forman el contorno 150 en torno al objeto son más gruesas que las paredes o las líneas 155 de patrón en torno a las secciones de soporte discretas, p. ej. secciones 710, 720 y 725. Las paredes más gruesas facilitan la separación de las secciones circundantes y con menos fuerza, mientras que las paredes más delgadas utilizan menos material solidificable no en polvo. En algunas implementaciones de ejemplo, puede ser deseable limitar de forma selectiva la cantidad de material no en polvo aplicado para construir las divisiones. Las divisiones de material solidificable no en polvo pueden reducir la compresión del polvo adyacente a las divisiones ya que el material solidificable no en polvo puede no ser sustancialmente comprimible. Además, una gran cantidad de material solidificable no en polvo puede provocar el pandeo y la deformación de las particiones bajo presión.

Opcionalmente, se pueden definir secciones 720 de soporte más pequeñas en áreas de soporte que rodean el objeto 750 y las secciones de soporte pueden aumentar de tamaño, p. ej. secciones 725 y 710 de soporte a medida que se distancian de un objeto 750. Las secciones 720 de soporte más pequeñas, así como las secciones 725 de soporte pueden seguir la forma del objeto más de cerca y pueden separarse del objeto con menos fuerza en comparación con la eliminación de grandes secciones 710 de soporte. Las secciones 720 de soporte de tamaño más pequeño y posiblemente las secciones 725 de soporte también pueden estar posicionadas en cavidades formadas dentro del objeto 750 para que el soporte se pueda extraer a través de las aberturas de la cavidad. En algunas implementaciones de ejemplo, se definen secciones de soporte con forma de romboide en las áreas de soporte para dividir el área de soporte.

Según algunas implementaciones de ejemplo, el material solidificable no en polvo se trama a lo largo de áreas de soporte seleccionadas, p. ej. secciones 710 de soporte. El tramado del material solidificable no en polvo puede actuar como un adhesivo que puede ayudar a mantener unido el polvo, especialmente en áreas que puedan experimentar presiones más bajas durante la compactación. Opcionalmente, se puede definir la cantidad de tramado para que varíe a lo largo de la bandeja de construcción con más tramado cerca de las esquinas de la bandeja de construcción y menos tramado hacia el área central de la bandeja de construcción. Típicamente, solo las áreas de soporte se traman con material solidificable no en polvo. Opcionalmente, el tramado puede ocupar entre el 5% y el 50% del volumen de la capa o entre el 5% y el 100%. Opcionalmente, el tramado es un patrón aleatorio de gotas de material solidificable no en polvo aplicadas a lo largo de un área definida.

Se hace referencia ahora a la Figura 11, que muestra un dibujo esquemático simplificado de una partición de ejemplo formada con material solidificable no en polvo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invencción. Se muestran tres capas de ejemplo de material solidificable no en polvo. En algunas realizaciones de ejemplo, las particiones formadas con material solidificable 810 no en polvo pueden incluir espacios definidos 820. Opcionalmente, los espacios 820 tienen entre 60 y 100 μm de ancho o alrededor de 80 μm de ancho. Los espacios 820 que son estrechos pueden definirse de modo que penetre relativamente poco o nada de polvo en los espacios 820 durante el esparcimiento del polvo sobre el patrón 810 de material solidificable no en polvo. Los espacios pueden agregar una

cualidad comprimible a la partición. En respuesta a la presión, los materiales solidificables no en polvo pueden pandear o colapsar en los espacios. Esto puede permitir que el polvo adyacente a las particiones se comprima correctamente.

Se muestra que los espacios 820 están al tresbolillo a través de las capas. Opcionalmente, el tresbolillo se puede usar para limitar la cantidad de polvo que puede penetrar en el espacio 820. Alternativamente, cada capa puede incluir espacios que están encapsulados para que el polvo no pueda penetrar a través de los espacios.

Se hace referencia ahora a las Figuras 12A y 12B, que muestran dibujos esquemáticos simplificados de columnas de ejemplo formadas a partir de material solidificable no en polvo a través de una pluralidad de capas mostradas en una vista superior y lateral respectivamente y de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. La presión aplicada sobre la bandeja de construcción durante la compactación puede típicamente no ser uniforme en toda la bandeja 200 de construcción. Típicamente, puede definirse la distribución de presión mediante una pluralidad de isobaras concéntricas 830. Debido a la variación en la presión y la forma cuadrada de la bandeja 200 de construcción, las esquinas de la bandeja 200 de construcción experimentan la presión más baja y, por lo tanto, la compactación es más baja en las esquinas. En algunas realizaciones de ejemplo, pueden construirse columnas 840 de material solidificable no en polvo en las esquinas. Las columnas 840 pueden incluir una mezcla de polvo y material solidificable no en polvo, por ejemplo con entre 50 y 100% de material solidificable no en polvo. El material solidificable no en polvo puede proporcionar soporte mecánico a las esquinas. Según algunas realizaciones de ejemplo, además de las columnas 840 o en lugar de las columnas 840, el material solidificable no en polvo se trama en las áreas de soporte en concentraciones variables a lo largo de la bandeja 200 de construcción. Opcionalmente, la concentración del material solidificable no en polvo para el área de soporte puede variar linealmente desde los bordes de la bandeja de construcción (dispuestos con una concentración relativamente alta de tramado) hacia el área central (dispuesta con una concentración relativamente baja de tramado), por ejemplo, siguiendo las isobaras concéntricas 830. Opcionalmente, la variación es entre el borde y un área central definida y en el área central definida se aplica una concentración constante de tramado en las áreas de soporte.

Se hace referencia ahora a la Figura 13, que muestra un dibujo esquemático simplificado de anclajes de ejemplo formados a partir de material solidificable no en polvo a través de una pluralidad de capas de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Según algunas realizaciones de muestra, se aplican uno o más anclajes 850 a través de las capas formados con material solidificable no en polvo o una mezcla de material solidificable no en polvo con polvo para evitar la separación de las capas, por ejemplo, en la sección inferior 860 sobre la bandeja 200 de construcción que típicamente no incluye el objeto 750 y, por lo tanto, puede no incluir un patrón de material solidificable no en polvo. La diferencia entre las propiedades mecánicas de las capas que incluyen el objeto 750 y las capas base en la sección 860 que no incluyen el objeto 750 puede causar una tensión que conducirá a la separación de las capas inferiores de las capas superiores. Opcionalmente, uno o más anclajes 850 desplazados del objeto 750 pueden aumentar la unión entre las capas durante el proceso de construcción de capas.

Se hace referencia ahora a la Figura 14, que muestra un diagrama de flujo simplificado de un método de ejemplo de fabricación aditiva con material en polvo de acuerdo con algunas realizaciones de la presente invención. Según algunas realizaciones de ejemplo, el sistema de impresión 3D construye un bloque de capas, es decir, un bloque en verde que incluye uno o más objetos en verde rodeados por secciones de soporte en verde (bloque 905), es decir, compactos en verde de modelos utilizables y compactos en verde de elementos de soporte. Tanto los compactos en verde de los modelos utilizables como los compactos en verde de los elementos de soporte pueden formarse a partir de un material en polvo, p. ej. el mismo material en polvo. Al final del proceso de construcción, el bloque en verde puede someterse a un proceso de compactación adicional (bloque 910). La compactación adicional puede estar configurada para llevar la densidad del bloque al 95% o más de la densidad del material forjado. Opcionalmente, la compactación es de alrededor de 250.000 kPa (2.500 bar). Opcionalmente, se realiza una compactación adicional con un proceso de prensado isostático en frío. Opcionalmente, la compactación se realiza en una pluralidad de ciclos.

A continuación, se elimina el material solidificable no en polvo (bloque 915). La eliminación puede basarse en calentar el bloque en verde a una temperatura en la que el material solidificable no en polvo se evapora. Opcionalmente, el bloque puede elevarse a una temperatura de entre 100 y 150 °C durante este proceso.

Una vez que se ha eliminado el material solidificable no en polvo, los elementos de soporte se separan del modelo o modelos utilizable/s en el bloque (bloque 920). Opcionalmente, los elementos de soporte se retiran manualmente a mano. En otras realizaciones de ejemplo, los elementos de soporte se pueden quitar en base a sumergir el bloque en verde en un líquido, p. ej. agua. Los modelos utilizables en verde que se han separado se sinterizan (bloque 925). La sinterización puede ser a alrededor de 600 °C o más. La sinterización convierte los modelos en verde utilizables en un objeto tridimensional final.

Se hace referencia ahora a las Figuras 15A, 15B, 15C, 15D, 15E y 15F que muestran un ejemplo de objetos tridimensionales fabricados con el método y aparato de fabricación aditiva descritos en la presente memoria. Como puede verse, con los métodos descritos en la presente memoria se pueden construir objetos con geometrías complejas y con pequeños canales con una precisión relativamente alta.

Los términos "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "que tiene" y sus conjugados significan "que incluye pero no se limita a".

El término "que consiste en" significa "que incluye y se limita a".

El término "que consiste esencialmente en" significa que la composición, el método o la estructura pueden incluir ingredientes, etapas y/o partes adicionales, pero solo si los ingredientes, etapas y/o partes adicionales no alteran materialmente las características básicas y novedosas de la composición, método o estructura reivindicados.

- 5 Se aprecia que ciertas características de la invención, que se describen, para mayor claridad, en el contexto de realizaciones separadas, también pueden proporcionarse en combinación en una sola realización. A la inversa, diversas características de la invención, que se describen, por brevedad, en el contexto de una sola realización, también se pueden proporcionar por separado o en cualquier subcombinación adecuada o como adecuada en cualquier otra realización descrita de la invención. Ciertas características descritas en el contexto de varias realizaciones no deben considerarse características esenciales de esas realizaciones, a menos que la realización no funcione sin esos elementos.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Un método para la fabricación aditiva de un bloque (15) en verde que incluye un objeto (750) en verde, comprendiendo dicho método:
- 5 imprimir un patrón (510) sobre una bandeja (200) de construcción en base a depositar selectivamente un material solidificable no en polvo, definido dicho patrón (510) para formar una partición trazando un perímetro (150) del objeto (750) a imprimir por capa, y trazando una pluralidad de secciones (710, 720, 725) de soporte discretas de un área de soporte en torno al objeto (750); en donde el patrón (510) se imprime con el material solidificable no en polvo;
- aplicar una capa de material (51) en polvo sobre el patrón (510);
- compactar la capa de material (51) en polvo y el patrón (510) de material solidificable no en polvo;
- 10 repetir la impresión, aplicación y compactación para construir una pluralidad de capas de dicho bloque (15) en verde; caracterizado por que:
- el material solidificable no en polvo se selecciona del grupo que consiste en una tinta térmica, una tinta fotocurable, cera o cualquier combinación de los mismos, y el método comprende:
- eliminar el material no en polvo;
- 15 separar el objeto (750) en verde de las secciones (710, 720, 725) de soporte discretas; y
- sinterizar el objeto (750) en verde separado de las secciones (710, 720, 725) de soporte discretas.
2. El método según la reivindicación 1, que comprende definir el patrón de la pluralidad de secciones (710, 720, 725) de soporte discretas de un área de soporte en torno al objeto (750) en base a la geometría del objeto (750).
3. El método según la reivindicación 2, en donde la pluralidad de secciones (710, 720, 725) de soporte discretas está definida para incluir secciones de diferentes tamaños.
- 20 4. El método según la reivindicación 2 o la reivindicación 3, en donde una parte de la pluralidad de secciones (710, 720, 725) de soporte discretas está definida para tener forma de romboide.
5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, en donde el ancho de un trazo en torno a una sección (710, 720, 725) de soporte discreta está definido en base a la distancia al objeto (750) y el tamaño de la sección (710, 720, 725) de soporte discreta.
- 25 6. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-5, en donde la sección (710, 720, 725) de soporte discreta está definida para tener un ángulo de desmoldeo seleccionado.
7. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, en donde al menos una de las secciones (710, 720, 725) de soporte discretas está definida para disponerse con un tramado del material solidificable no en polvo, en donde el tramado forma una máscara negativa que impide o debilita la cohesión entre las partículas de polvo durante la compactación.
- 30 8. El método según la reivindicación 7, en donde el tramado de material solidificable no en polvo está definido para ocupar hasta el 50% de la/s al menos una sección (710, 720, 725) de soporte discreta y en donde el porcentaje de tramado en la pluralidad de secciones (710, 720, 725) de soporte discretas está definido en base a la distancia de una sección (710, 720, 725) de soporte discreta a una esquina de la bandeja (200) de construcción.
- 35 9. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-8, en donde las cuatro esquinas de la bandeja (200) de construcción están definidas para estar formadas con columnas (840) del material solidificable no en polvo.
10. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-9, en donde el patrón (510) está definido para incluir al menos una columna (840) de material solidificable no en polvo que se extienda a través de una pluralidad de capas.
- 40 11. El método según cualquiera de las reivindicaciones 2-10, en donde una partición formada trazando un perímetro (150) del objeto (750) está definida para incluir una pluralidad de espacios (820), en donde los espacios (820) son más estrechos que 100 µm.

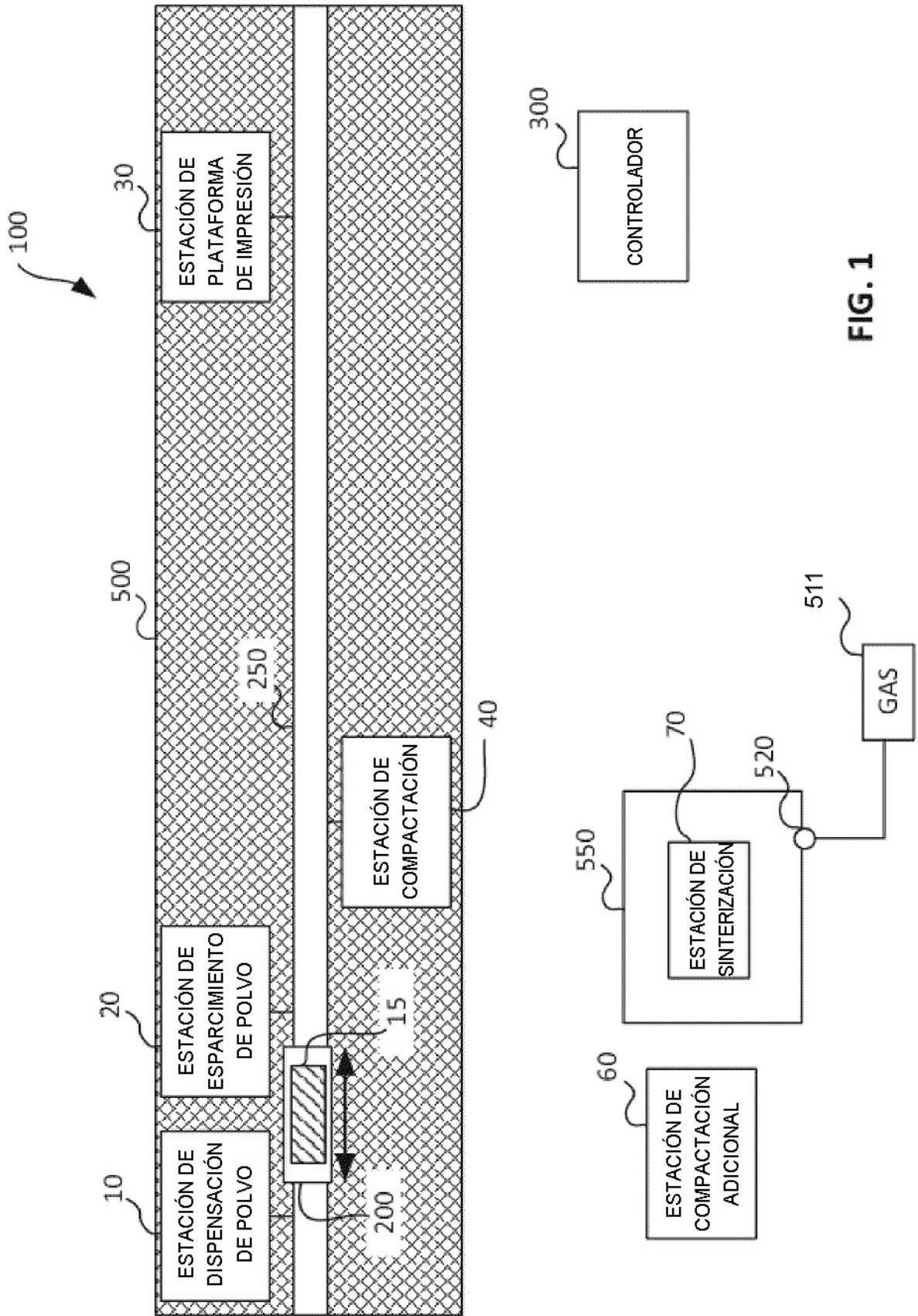


FIG. 1

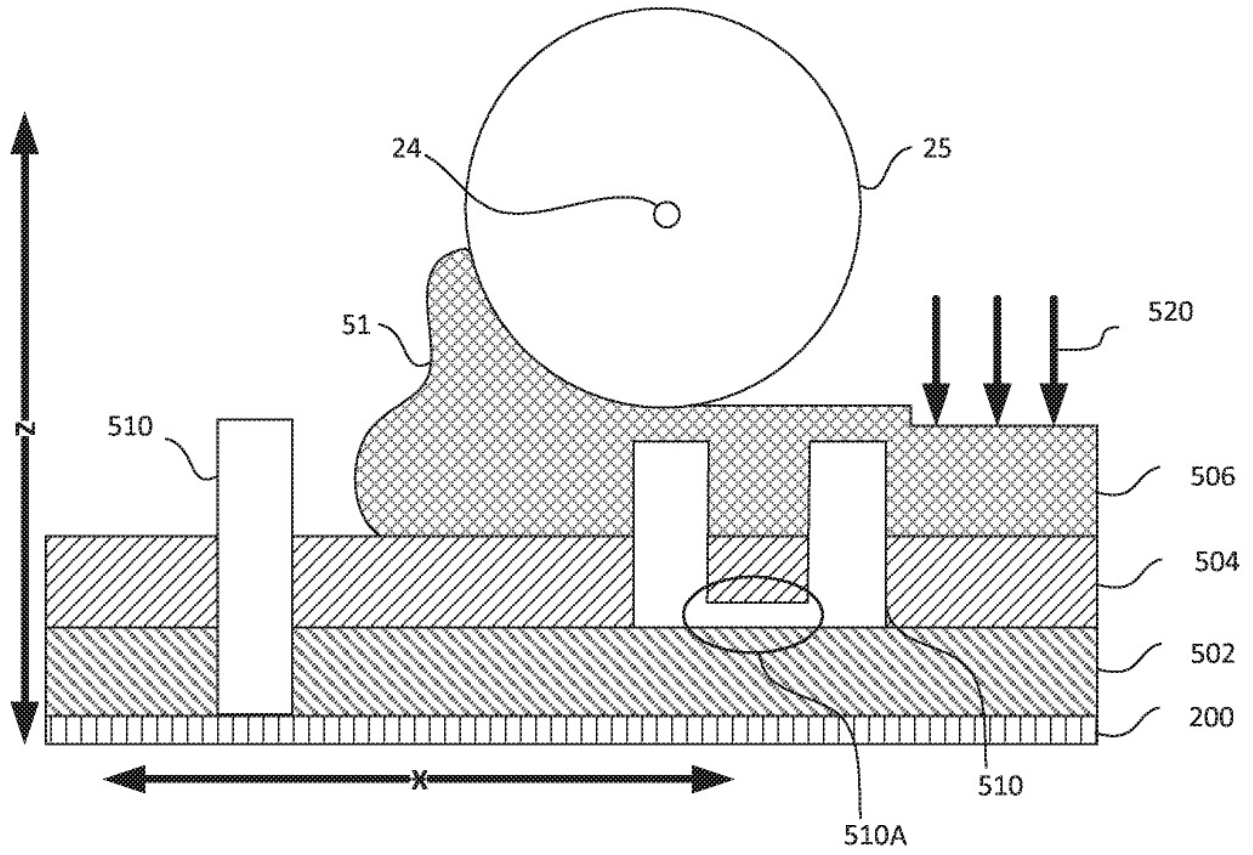


FIG. 2

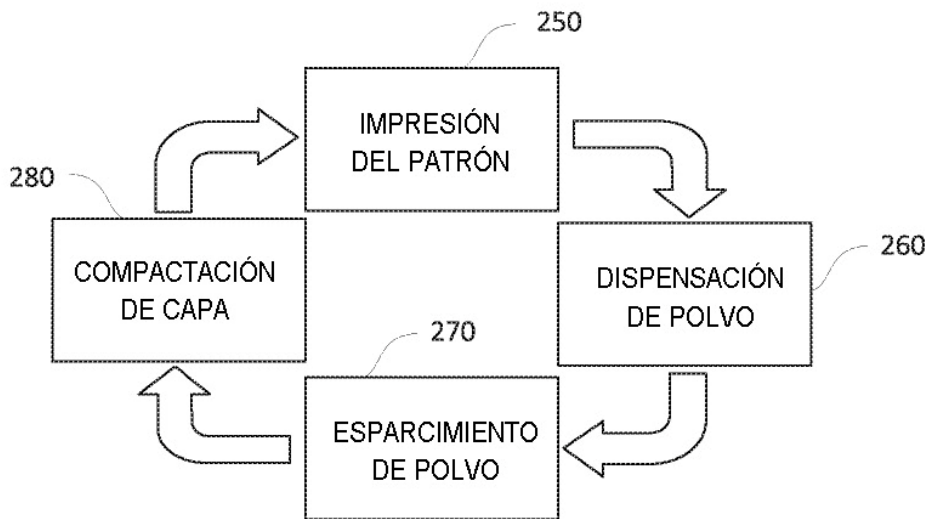


FIG. 3

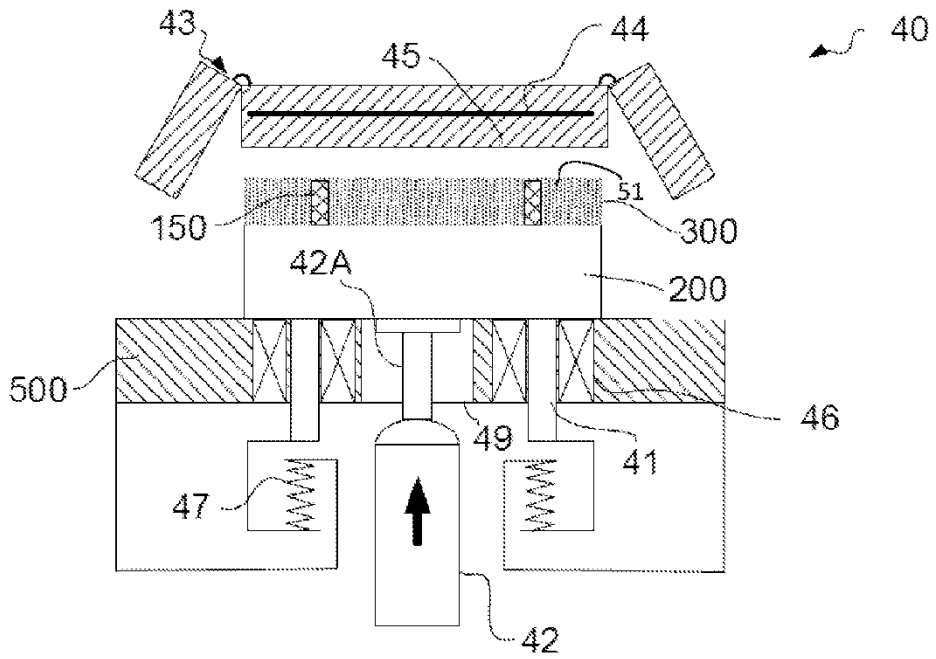


FIG. 4A

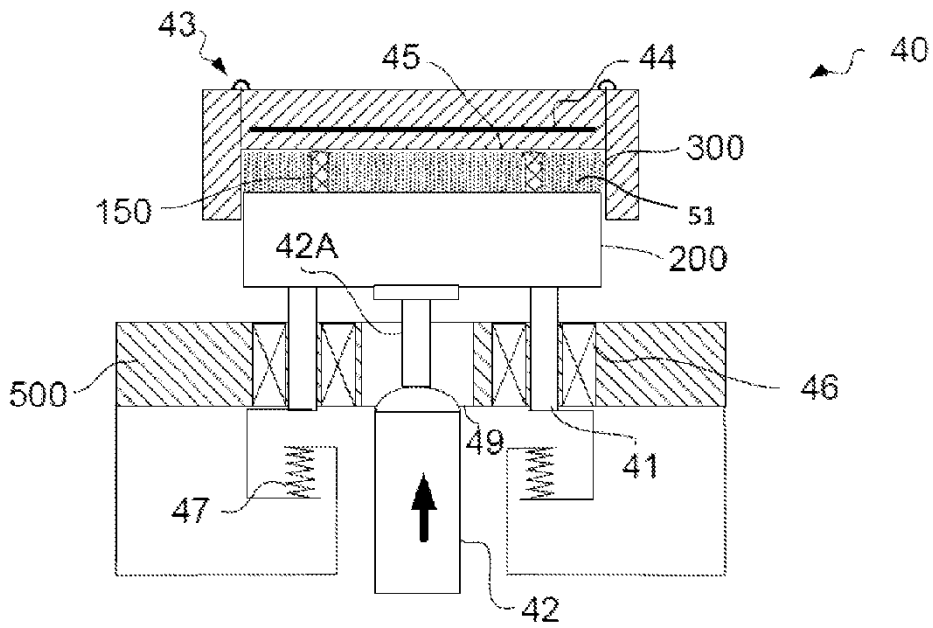


FIG. 4B

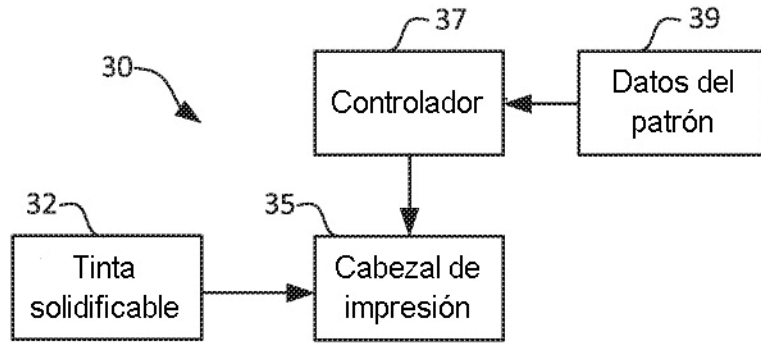


FIG. 5

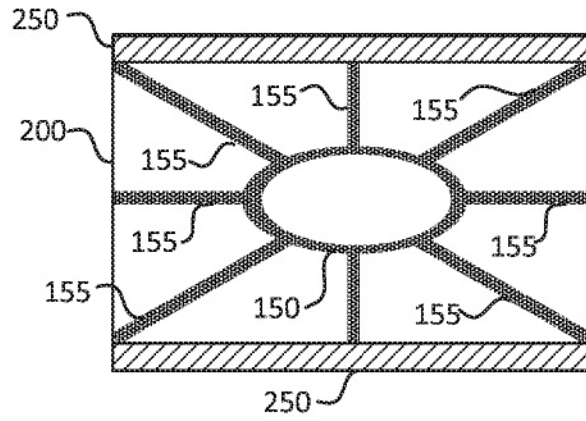


FIG. 6

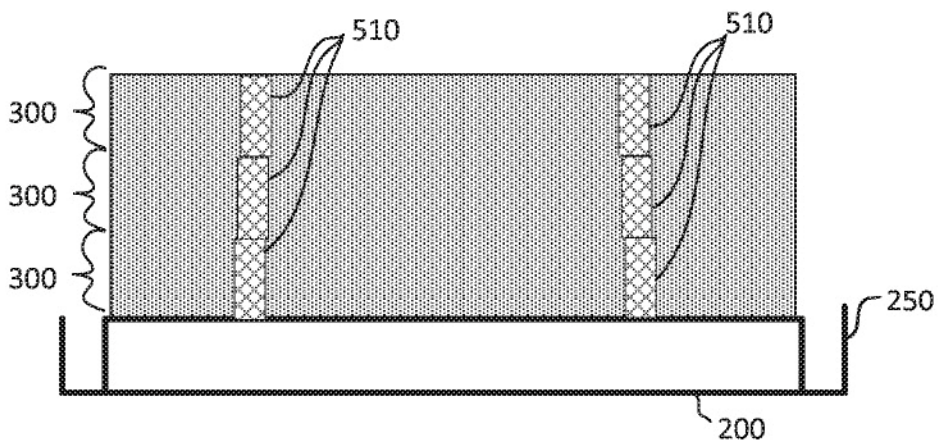


FIG. 7

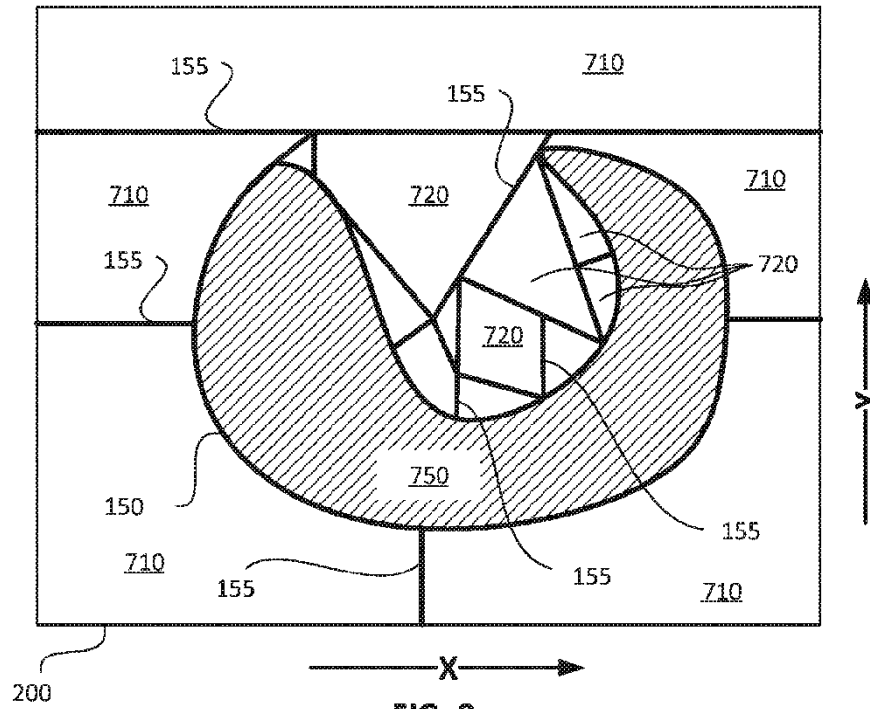


FIG. 8

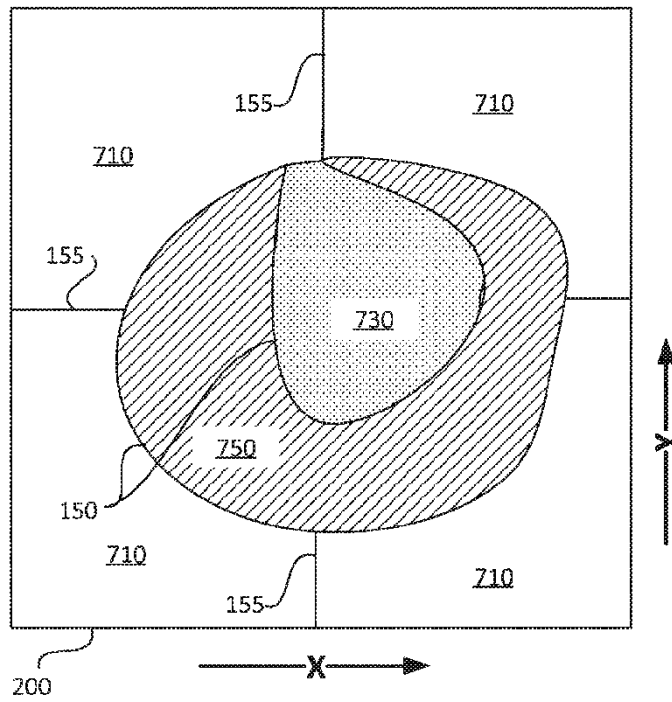


FIG. 9

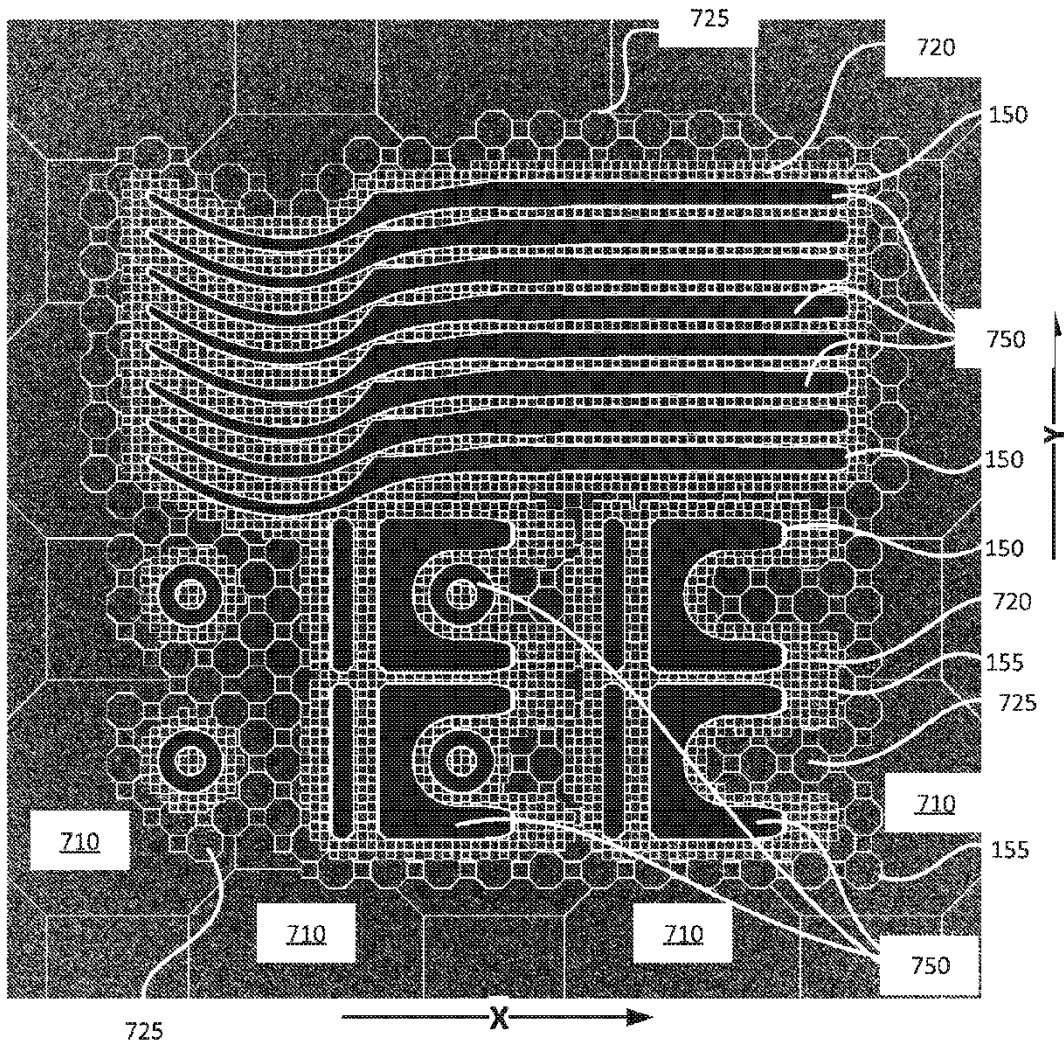


FIG. 10

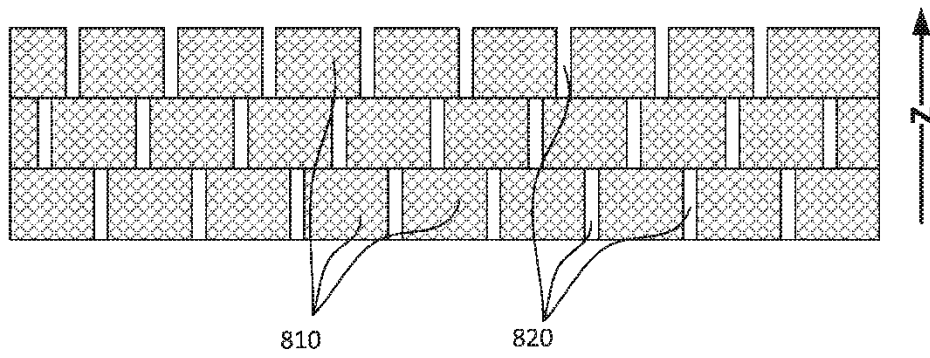


FIG. 11

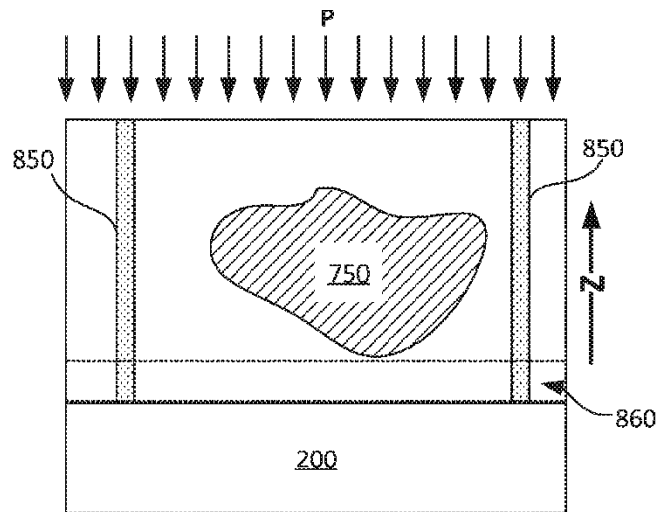


FIG. 13

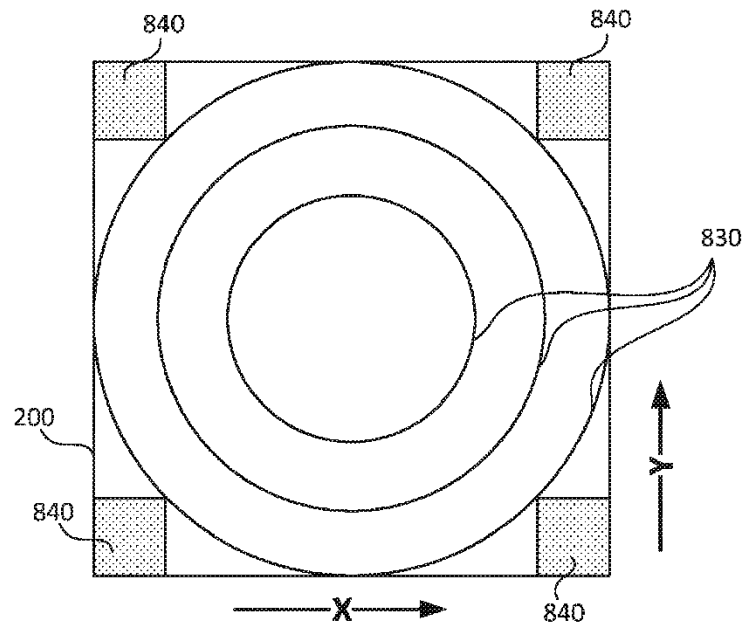


FIG. 12A

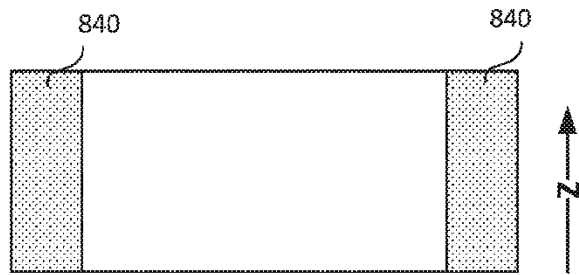


FIG. 12B

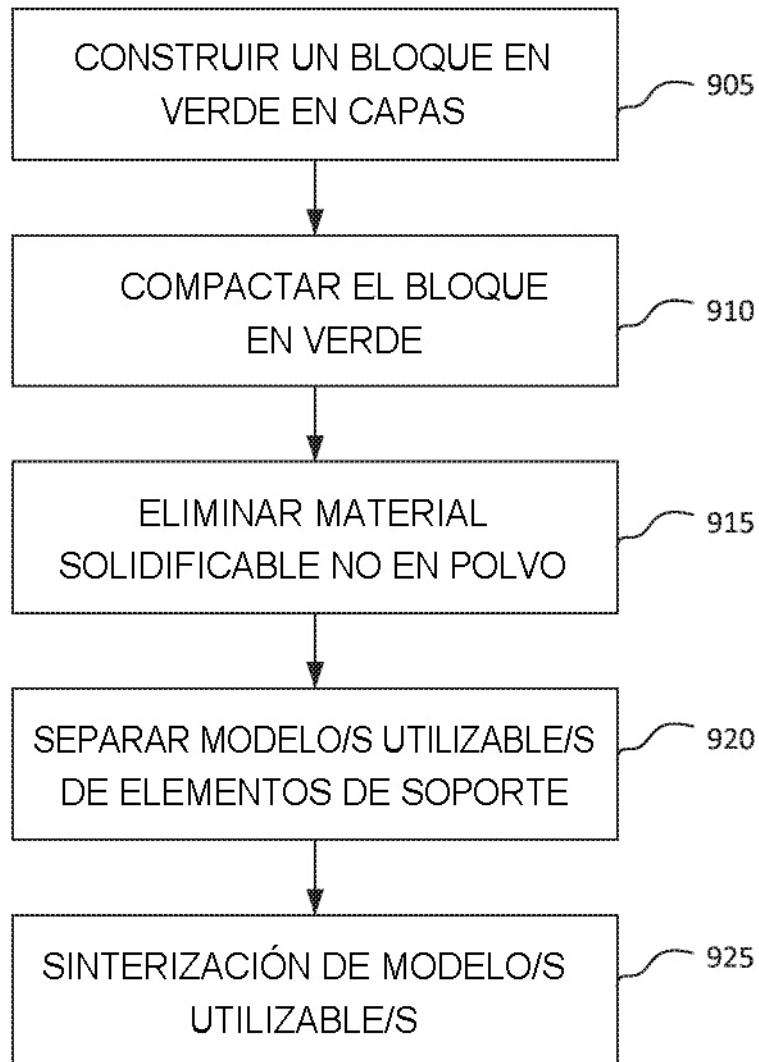


FIG. 14

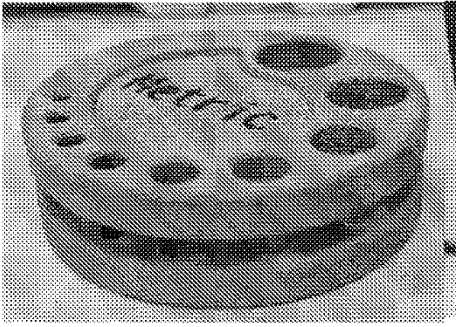


FIG. 15A

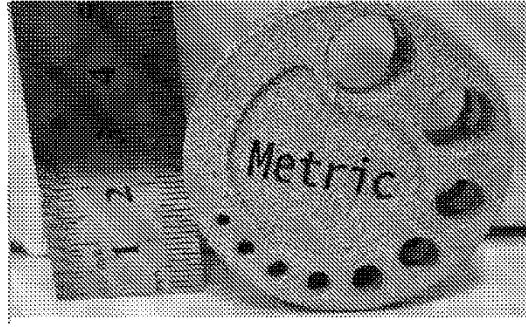


FIG. 15B

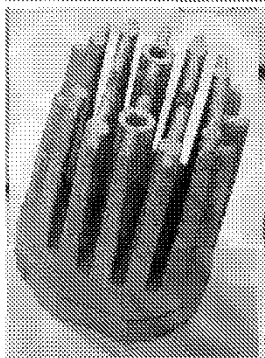


FIG. 15C

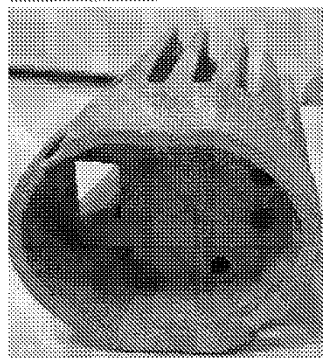


FIG. 15D



FIG. 15E

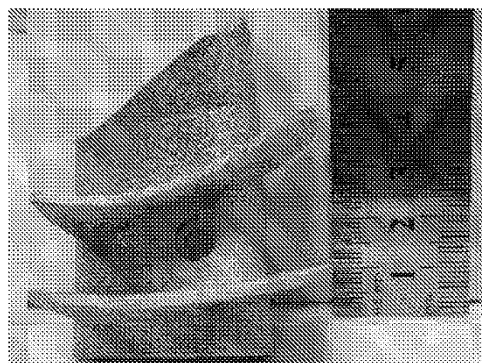


FIG. 15F