

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 819 881**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105 (2006.01)

B29C 67/00 (2007.01)

G01H 5/00 (2006.01)

G01N 1/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.05.2017 PCT/EP2017/025122**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.11.2017 WO17194204**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2017 E 17723011 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2020 EP 3455015**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional**

30 Prioridad:

13.05.2016 EP 16001090

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

19.04.2021

73 Titular/es:

**LINDE GMBH (100.0%)
Dr.-Carl-von-Linde-Straße 6-14
82049 Pullach, DE**

72 Inventor/es:

**SCHOLZ, JÜRGEN;
MIKLOS, ERNST;
FIERET, JIM y
FORET, PIERRE**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 819 881 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

Procedimiento para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional.

Por medio de procedimientos de fabricación generativos es posible producir los más diversos elementos constructivos tridimensionales con geometría compleja.

10 En la impresión 3D se construyen por capas, por ejemplo, piezas de trabajo tridimensionales. La construcción tiene lugar de manera controlada por ordenador a partir de uno o varios materiales líquidos o sólidos según medidas y formas predeterminadas (CAD). En la construcción tienen lugar procesos de curado o fusión físicos o químicos. Materiales típicos para la impresión 3D son plásticos, resinas sintéticas, cerámicas y metales. Las impresoras 3D se emplean en la industria y la investigación. Además, existen también aplicaciones en el sector del hogar y del entretenimiento así como en el arte.

15 La impresión 3D es un procedimiento de fabricación generativo o aditivo. Las técnicas más importantes de la impresión 3D son la fusión por láser selectiva y la fusión por haz de electrones para metales y la sinterización láser selectiva para polímeros, cerámica y metales, la estereolitografía y el procesamiento digital de luz para resinas sintéticas líquidas y el modelado Polyjet, así como el modelado por deposición fundida para plásticos y, en ocasiones, para resinas sintéticas.

20 Otro procedimiento generativo es la fusión y solidificación puntual. En este tipo de procedimientos se funde y se solidifica por capas polvo de metal o alambre metálico, de modo que puede generarse un elemento constructivo tridimensional. Mediante la introducción de energía localmente delimitada por medio de rayo láser, el tamaño del baño de masa fundida formado es pequeño. Por lo tanto, existe la posibilidad de generar estructuras de filigrana. Procedimientos correspondientes se distribuyen comercialmente como Laser Engineered Net Shaping (LENS) (formación de red con ingeniería láser), como Direct Metal Deposition (DMD) (deposición de metal directa), como Laser Additive Manufacturing (LAM) (fabricación aditiva por láser), como Selective Laser Melting (SLM) (fusión selectiva por láser), como Laser Metal Fusion (LMF) (fusión de metal por láser) o como Laser Metal Deposition (LMD) (deposición de metal por láser).

En la sinterización por láser o fusión local se diferencia entre procedimientos indirectos y directos.

35 La sinterización selectiva por láser (SLS) es un procedimiento para producir estructuras espaciales mediante sinterización a partir de una sustancia de partida en forma de polvo. La sinterización por láser es un procedimiento de construcción en capas generativo: la pieza de trabajo se construye capa a capa. Mediante la acción de rayos láser puede generarse así cualquier geometría tridimensional, incluso con destalonamientos, por ejemplo piezas de trabajo que no pueden producirse en la fabricación mecánica o con tecnología de colada convencional.

40 En la sinterización selectiva por láser (SLS/LMF) se aplica sobre una superficie de trabajo (plataforma de construcción) una capa de material en polvo. El polvo suelto se funde puntualmente mediante un rayo láser. A este respecto, las partículas de polvo se unen, en función del material usado, en la capa y con la capa subyacente. Para la producción de elementos constructivos metálicos pueden diferenciarse dos orientaciones de desarrollo fundamentales. Además de la solidificación directa de materiales en polvo metálicos por radiación láser (sinterización directa por láser de metal), en una etapa temprana se ha establecido ya la producción de elementos constructivos metálicos a través de una combinación de SLS de polvo de metal revestido de plástico con tratamiento térmico posterior (IMLS).

45 En la sinterización directa por láser de metal (DMLS) se usan materiales metálicos o bien de uno o bien de varios componentes. En particular se usan a este respecto polvos multicomponente de DMLS, que se componen de distintos elementos de aleación. El componente de bajo punto fusión contenido en el polvo se funde mediante un rayo láser y fluye alrededor del componente de alto punto de fusión, que sirve como agente estructurante.

50 En la fusión por haz de electrones (EBM, Electron Beam Melting), el desarrollo del proceso se corresponde en esencia con el del procedimiento basado en láser. El polvo de metal suelto, en el lecho de polvo o a través de una boquilla, o alambre se funde puntualmente a este respecto, y se solidifica a continuación en el contorno deseado. La energía necesaria para ello se introduce mediante un haz de electrones. El procedimiento tiene lugar generalmente en una cámara de presión negativa inundada con gas inerte.

55 En consecuencia, en procedimientos de fabricación generativos se usan un lecho de polvo, una alimentación de polvo o una alimentación de alambre, fundiéndose estos materiales de partida entonces por medio de rayo láser, haz de electrones, arco de plasma/voltaico y solidificándose a continuación. Además, en los procedimientos de fabricación generativos se usan gases inertes o activos como gases de proceso.

65

En el caso del uso de una atmósfera de gas inerte, la composición del material de partida aplicado permanece esencialmente invariable después de haberse fundido por medio de una fuente de calor. Mediante la fusión, solidificación y zonas de influencia térmica se modifican las propiedades metalúrgicas con respecto al material original.

5 En el caso del uso de una atmósfera de gas activo, los gases activos pueden reaccionar químicamente con el material de partida. Por lo tanto, la composición y las propiedades del material aplicado difieren también en la composición química del material de partida. Este proceso se denomina con frecuencia aleación gaseosa. Ejemplos de ello son la aplicación de titanio en una atmósfera gaseosa que contiene nitrógeno. Como resultado
10 se obtiene un porcentaje de nitruro de titanio en el material aplicado. En la aleación gaseosa, las propiedades físicas dependen, entre otras cosas, de la concentración de gas activo en la atmósfera de proceso así como de los ciclos térmicos. La concentración del gas activo puede ascender a entre 10 ppm y el 99,999 %.

15 En consecuencia, principalmente se usan gases inertes para impedir una oxidación y se usan gases activos para reaccionar de manera controlada con el material de partida, con el fin de conseguir estructuras controladas del material aplicado con respecto a la estabilidad mecánica, resistencia a la corrosión y al desgaste, conductividad o resistencia eléctrica.

20 Un procedimiento de fabricación generativo, que usa la aleación gaseosa, se describe en el documento EP 2 028 283 B1: Este procedimiento de formación de una aleación comprende las siguientes etapas:

- (a) proporcionar una fuente de calor y un material de partida metálico en una atmósfera gaseosa;
- (b) alimentar un elemento de aleación gaseoso de manera proximal al material de partida metálico;
- (c) hacer converger la fuente de calor en el material de partida metálico y el elemento de aleación gaseoso;
- (d) fundir el material de partida metálico con la fuente de calor para formar una acumulación fundida sobre un
25 sustrato, de modo que el material de partida metálico se alea con el elemento de aleación gaseoso para formar una composición aleada de la acumulación fundida;
- (e) provocar un movimiento relativo entre el material de partida metálico y el sustrato, para formar la acumulación fundida dando lugar a una primera capa de la pieza;
- (f) repetir las etapas (a) a (e), para formar capas adicionales sobre la primera capa y definir una forma para la pieza;
- (g) modificar un contenido del elemento de aleación gaseoso con el material de partida metálico, durante la realización de
30 las etapas (a) a (f), para formar al menos dos dominios con diferentes propiedades formadas en la composición en un único proceso continuo para formar los al menos dos dominios mencionados, de modo que los al menos dos dominios mencionados se forman de manera adyacente entre sí, controlando en el tiempo de manera selectiva una liberación del elemento de aleación gaseoso con un circuito de tiempo para modificar el contenido del mismo de manera controlada; y
- (h) enfriar y solidificar la composición.

35 Del documento WO 2015/185155 A1 se desprende un material para la impresión 3D. A este respecto está previsto que el material previsto para la impresión 3D comprenda tanto material para la impresión 3D- como un porcentaje de nanopartículas magnéticas. Las nanopartículas magnéticas están incrustadas en el material para la impresión 3D. De esta manera será posible generar elementos constructivos con una codificación predeterminada. El documento US2012/183701 describe un proceso para la protección química o física del 3D producido contra falsificaciones mediante la introducción de gas y/o polvo de codificación en un espacio hueco del objeto y el cierre del mismo. El documento US201279825 describe el proceso para la protección química o física de un objeto 3D frente a falsificaciones mediante la introducción de una etiqueta fija que es asimismo radioactiva. El documento JP 2013 040074
45 A describe un proceso para marcar Al₂O₃ con ¹⁷O mediante fusión de polvo de Al en presencia de ¹⁷O.

50 Un problema general en la fabricación de elementos constructivos y en consecuencia también en la fabricación generativa de elementos constructivos consiste en que por el momento no es posible diferenciar elementos constructivos de manera sencilla y segura de falsificaciones o copias baratas. Generalmente es difícil determinar si un elemento constructivo se ha producido por el fabricante original (Original Equipment Manufacturer (OEM) (fabricación de equipos originales)) o si un elemento constructivo es una copia producida por un tercero, dado que estos apenas pueden diferenciarse entre sí por su apariencia. Sin embargo, pueden existir diferencias cualitativas considerables (resistencia, elasticidad, dureza, porosidad, ductilidad, etc.).

55 En particular resulta problemático que la fabricación generativa permita imitar o falsificar de manera sencilla elementos constructivos sin altos costes de desarrollo o de producción o procedimientos de producción en un número de piezas pequeño.

60 En la industria existe la necesidad de identificar de manera inequívoca los elementos constructivos, para poder aclarar la cuestión de la responsabilidad, especialmente en caso de siniestros.

65 Las posibilidades existentes para codificar un elemento constructivo por medio de estampación o grabado están limitadas en cuanto a la geometría o la funcionalidad del elemento constructivo. Por ejemplo, el grabado de superficies por medio de láser es solo útil económicamente si está integrado en el proceso de producción. Además, requiere una colocación especial del rayo láser en cuanto a su ángulo con respecto al elemento constructivo. Las denominadas pinturas de ADN (DNA-painting) pueden retirarse fácilmente. Además es conocido identificar elementos constructivos

5 por medio de procedimientos de radiofrecuencia. Sin embargo, esta tecnología es muy cara y, en particular, es difícil y costoso aplicarla a elementos constructivos individuales. Por lo tanto, los fabricantes marcan generalmente un dispositivo completo o una máquina en un único sitio y no cada elemento constructivo de esta máquina. Por lo tanto, un marcado de este tipo de una máquina completa no protege frente a falsificaciones cuando se montan por ejemplo piezas de repuesto en esta máquina.

10 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento sencillo, seguro y fiable para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional. Además, en la medida de lo posible, no serán necesarias etapas de trabajo adicionales.

15 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento según la reivindicación 1. Configuraciones ventajosas están indicadas en las reivindicaciones dependientes.

20 El componente de codificación puede comprender también elementos de aleación gaseosos, estando seleccionado el porcentaje del elemento de aleación gaseoso preferiblemente de tal manera que el elemento de aleación gaseoso modifica las propiedades materiales del elemento constructivo de manera únicamente no significativa.

25 El depósito de los elementos de aleación gaseosos se selecciona en tal medida que los elementos de aleación en el elemento constructivo acabado son detectables, por ejemplo por medio de procedimientos de análisis metalúrgicos y/o químicos y/o de resonancia magnética.

30 Por registro puede entenderse el almacenamiento de los datos en forma electrónica o la impresión de la información en un certificado, por ejemplo también en forma legible por máquina.

35 Por medio del procedimiento según la invención es posible codificar de manera segura y fiable un elemento constructivo tridimensional de manera sencilla y económica.

40 En particular resulta ventajoso que para codificar el elemento constructivo no es necesaria ninguna etapa de fabricación adicional. La codificación tiene lugar por que al menos en un intervalo de tiempo predeterminado durante la fusión del material de partida se añade al gas de proceso un componente de codificación. Si este componente de codificación gaseoso es químicamente activo, experimenta una reacción con el metal y el producto de reacción (por ejemplo un óxido, nitruro, carburo) se incrusta en la estructura metálica. Pero también moléculas de codificación que no reaccionan (porque, por ejemplo, la temperatura local es demasiado baja), pueden depositarse en los pequeños espacios intermedios de la estructura granular. Este mecanismo funciona también en el caso de gases inertes, que en su estado original pueden quedar atrapados en el elemento constructivo. Sin embargo, si tiene lugar una compactación posterior (prensado isostático a temperatura elevada (HIP), tratamiento térmico, desgasificación, etc.), un gas inerte puede escaparse. El componente de codificación puede detectarse en el elemento constructivo por ejemplo por medio de procedimientos de análisis químico o por medio de un espectrómetro de masas. Esto puede tener lugar en un laboratorio o con aparatos portátiles.

45 Una ventaja adicional consiste en que los parámetros de producción no tienen que modificarse o adaptarse debido a la codificación.

Además resulta ventajoso que la codificación no requiera ninguna etapa de producción adicional.

50 El registro de información de codificación puede comprender, por ejemplo, almacenar información de codificación en una base de datos o en un chip, etc.

55 La codificación puede introducirse sobre un elemento constructivo completo o solo de manera dirigida en sitios o zonas predeterminados del elemento constructivo. Además, las zonas codificadas, debido a la estructura en capas en el caso de la fabricación generativa, pueden estar superpuestas, adyacentes entre sí o separadas una de otra geométricamente.

Debido a que la información de codificación se registra y/o se almacena en una base de datos, se captura o registra exactamente qué componente de codificación se introdujo en qué sitio del elemento constructivo.

60 La información de codificación puede contener datos sobre el tipo y/o el porcentaje del componente de codificación y/o sobre la posición del componente de codificación en el objeto y/o sobre el número de serie del objeto.

Debido a la información de codificación puede determinarse en un instante posterior de manera sencilla, en concreto examinando la zona del elemento constructivo en la que se introdujo el componente de codificación, si se trata o no de un elemento constructivo original.

65 Una codificación de este tipo es prácticamente segura frente a falsificaciones, dado que la información de codificación no se encuentra disponible para un falsificador potencial y no es visible desde el exterior.

Por lo tanto, por medio de la información de codificación puede detectarse el objeto acabado en cuanto a su componente de codificación, por ejemplo, por medio de un procedimiento de análisis químico o por medio de un espectrómetro de masas.

5 Por una fabricación generativa se entiende en el contexto de la presente invención la construcción por estratos o capas de un elemento constructivo tridimensional con el uso de un lecho de polvo, una alimentación de polvo o una alimentación de alambre, que sirven como material de partida, y se funden por medio de rayo láser, haz de electrones o plasma o arco voltaico. A este respecto se hace referencia a los procedimientos de fabricación mencionados en la introducción de la descripción (impresión 3D o en el caso de la solidificación por activadores químicos, fusión y rigidización (Laser Engineered Net Shaping (formación de red con ingeniería láser) (LENS), como Direct Metal Deposition (deposición de metal directa) (DMD) o como Laser Additive Manufacturing (fabricación aditiva por láser) (LAM)), sinterización o fusión local, (sinterización por láser (SLS)), sinterización por láser de metal (DMLS), sinterización por láser de metal (IMLS).

15 Como material de partida pueden estar previstos en el contexto de la presente invención materiales tales como, por ejemplo, polímeros, cerámicas, resinas sintéticas, plásticos y, preferiblemente, metales.

El gas de proceso puede comprender un gas inerte, tal como, por ejemplo, nitrógeno, argón, helio, neón, criptón, xenón, radón o también mezclas de los mismos, y/o un gas activo, tal como, por ejemplo, O₂, CO₂, y H₂ o también mezclas de los mismos.

Una mezcla de gas de proceso y componente de codificación se denomina en adelante gas de codificación. Como componente de codificación que puede mezclarse con un gas de proceso o usarse también en forma pura, está previsto preferiblemente dióxido de carbono oxígeno 18 (C¹⁸O₂), dióxido de carbono carbono 13 (¹³CO₂), monóxido de carbono carbono 13 (¹³CO), deuterio (D₂), nitrógeno 15 (¹⁵N₂) y oxígeno 18 (¹⁸O₂).

El componente de codificación comprende uno o varios isótopos de un gas, preferiblemente del gas de proceso, estando modificado el porcentaje de un isótopo con respecto al porcentaje natural de los isótopos en el gas. Esto significa que la relación de los isótopos está modificada con respecto a la relación presente naturalmente. Por ejemplo, en el caso de nitrógeno, la relación de ¹⁴N (frecuencia = 99,634) con respecto a ¹⁵N (frecuencia = 0,366) está modificada de tal manera que el porcentaje de ¹⁵N se ha elevado y el porcentaje de ¹⁴N se ha reducido, o a la inversa. En el caso del uso de un componente de codificación que contiene carbono se modifica, por ejemplo, la relación de ¹²C (frecuencia = 98,9) con respecto a ¹³C (frecuencia = 1,1) de tal manera que el porcentaje de ¹³C se ha elevado y el porcentaje de ¹²C se ha reducido, o a la inversa. Por ejemplo, en el caso de hidrógeno, la relación de ¹H (frecuencia = 98,9885) con respecto a ²H (frecuencia = 0,0115) puede modificarse de tal manera que el porcentaje de ²H se ha elevado y el porcentaje de ¹H se ha reducido, o a la inversa.

Puede estar previsto, por ejemplo, que la frecuencia de los isótopos con respecto a la frecuencia naturalmente presente esté elevada o reducida en alrededor del o en más del 0,5 % o 1,0 % o 1,5 % o 2,5 % o 5,0 % o 10,0 % o 25 % o 50,0 % o 75 % o 100 % o 150 % o 200 % o 500 % o 1000 %.

Como isótopos están previstos preferiblemente nitrógeno-15 y nitrógeno 14 y/o carbono 12, carbono 13 y/o carbono 14 y/o también, por ejemplo, oxígeno-16 y/o oxígeno 18. Además puede estar previsto también argón -36, -38, -39, -40. El argón es inerte y no reacciona con el material; sin embargo, dado que en particular en los procedimientos de lecho de polvo no se consigue una densidad de elemento constructivo del 100 %, es posible prever inclusiones gaseosas para la codificación.

En principio es concebible también el uso isótopos de hidrógeno 2 o hidrógeno 3 así como helio 3 y helio 4.

50 Para prever codificaciones más complejas pueden estar contenidos también dos o tres o más isótopos distintos en el componente de codificación. En consecuencia, el componente de codificación puede comprender uno o varios isótopos del gas de proceso distintos de los naturalmente presentes. Por ejemplo pueden combinarse isótopos de oxígeno con isótopos de nitrógeno o también isótopos de C en el CO₂ con isótopos de H en H₂.

55 El material de partida metalúrgico puede proporcionarse por medio de lecho de polvo o alimentación de polvo o alimentación de alambre. Como fuente de calor pueden estar previstos un rayo láser, un haz de electrones o un arco de plasma/voltaico.

Además se describe un dispositivo para la fabricación generativa y la codificación de elementos constructivos tridimensionales. Este dispositivo comprende preferiblemente una cámara de proceso, una plataforma constructiva sobre la que puede proporcionarse un material de partida, un equipo de alimentación de gas de proceso para alimentar un gas de proceso, una fuente de calor para fundir el material de partida, y un equipo de alimentación de componente de codificación, que está unido con un equipo de control de tal manera que en al menos un intervalo de tiempo predeterminado durante la fusión se alimenta al material de

partida un componente de codificación gaseoso o un gas de codificación que contiene un componente de codificación de tal manera que el uso del componente de codificación en el objeto acabado es detectable, comprendiendo el componente de codificación gaseoso preferiblemente uno o varios isótopos de al menos un gas y estando el porcentaje del al menos un isótopo modificado con respecto al porcentaje naturalmente presente de este isótopo en el gas. Además puede estar prevista una base de datos para almacenar información de codificación.

Las ventajas del dispositivo se corresponden en esencia con las ventajas del procedimiento.

Además puede estar prevista una cámara de mezclado para añadir el componente de codificación al gas de proceso, pudiendo alimentarse desde la cámara de mezclado a la cámara de proceso gas de proceso o una mezcla de gas de proceso y componente de codificación. En consecuencia, la cámara de mezclado presenta una primera entrada para alimentar un gas de proceso y una segunda entrada para alimentar un componente de codificación, por ejemplo dióxido de carbono ^{13}C (99 %), nitrógeno ^{15}N (98 %), etc., o una segunda entrada para alimentar un gas de proceso que contiene un componente de codificación y una salida que está unida con la cámara de proceso. Una cámara de mezclado externa de este tipo es ventajosa dado que pueden ampliarse con ello instalaciones o dispositivos existentes de tal manera que sea posible una codificación de un elemento constructivo.

La cámara de proceso puede presentar también en sí misma dos entradas, estando prevista una entrada para alimentar gas de proceso y la otra entrada para alimentar un componente de codificación o un gas de proceso que contiene un componente de codificación (premezcla) desde recipientes de reserva correspondientes. El gas de proceso está formado o compuesto de tal manera que pueda garantizar las propiedades deseadas desde el punto de vista químico y metalúrgico del elemento constructivo y, adicionalmente, permita una identificación o codificación inequívoca de elemento constructivo. Por lo tanto han de proporcionarse gases de proceso relacionados con el elemento constructivo con componente de codificación correspondiente. El componente de codificación puede proporcionarse por lo tanto también como premezcla desde un recipiente de reserva de gas, que contiene tanto gas de proceso como un porcentaje correspondiente de componente de codificación. Este recipiente de reserva de gas que contiene la premezcla constituye entonces el equipo de alimentación de componente de codificación.

El equipo de alimentación de componente de codificación puede ser, por lo tanto, la cámara de mezclado, el recipiente de reserva de premezcla o el recipiente de reserva que contiene el componente de codificación.

La adición del componente de codificación puede controlarse con un equipo de control. Este equipo de control puede comprender un equipo de regulación de componente de codificación con un circuito de regulación cerrado que regula la adición. El equipo de regulación de componente de codificación detecta por medio de un sensor un valor real de uno o varios flujos volumétricos en la cámara de proceso y/o la cámara de mezclado, lo compara con un valor teórico predeterminado de uno o varios flujos volumétricos y, a través de un elemento de ajuste, se ajusta entonces el valor teórico predeterminado.

Por flujo volumétrico o flujos se entienden los valores de los flujos de gas correspondientes que se alimentan desde el equipo de alimentación de componente de codificación a la cámara de proceso.

El componente de codificación puede comprender preferiblemente dióxido de carbono oxígeno 18 (C^{18}O_2), dióxido de carbono carbono 13 ($^{13}\text{CO}_2$), monóxido de carbono carbono 13 (^{13}CO), deuterio (D_2), nitrógeno 15 ($^{15}\text{N}_2$) y oxígeno 18 ($^{18}\text{O}_2$) o también mezclas de los mismos.

La frecuencia del isótopo puede estar elevada o reducida con respecto a la frecuencia naturalmente presente en aproximadamente alrededor del 0,5 % o alrededor del 1,0 % o alrededor del 1,5 % o alrededor del 2,5 % o alrededor del 5,0 % o alrededor del 10,0 % o alrededor del 25 % o alrededor del 50,0 % o alrededor del 75 % o alrededor del 100 % o alrededor del 150 % o alrededor del 200 % o alrededor del 500 % o alrededor del 1000 %.

En la siguiente tabla se indican ejemplos de especificaciones concretas para el aumento o la reducción de las relaciones isotópicas.

Tipo de codificación	Elemento	Tipo del isótopo que se usa para enriquecer un gas de base para prever una codificación	Concentración naturalmente presente de los isótopos	Moléculas posibles	Intervalo de la dosificación de isótopos a un gas de base

ES 2 819 881 T3

Isótopos inertes para el depósito en microporosidades de un elemento constructivo	Ar	³⁶ Ar	³⁶ Ar: 0,337 % ³⁸ Ar: 0,063 % ⁴⁰ Ar: 99,6 %	N/A	Entre 1,1 veces y 10 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,9 veces el porcentaje natural
	He	³ He	³ He: 0,000137 % Resto: ⁴ He	N/A	Entre 1,1 veces y 10 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,9 veces el porcentaje natural
	H	² H	² H: 0,012 % Resto: ¹ H	² H ₂ ² H ¹ H N ₂ H ₃	² H ₂ : Entre 1 ppm y 10 ppm ² H ¹ H: Entre 1,1 veces y 10 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,9 veces el porcentaje natural N ₂ H ₃ : Entre 1 ppm y 10 ppm
	Kr	⁷⁸ Kr ⁸² Kr ⁸⁴ Kr ⁸⁶ Kr	⁷⁸ Kr: 0,35 % ⁸⁰ Kr: 2,25 % ⁸² Kr: 11,6 % ⁸³ Kr: 11,5 % ⁸⁴ Kr: 17,3 % ⁸⁶ Kr: 17,3 %	N/A	⁷⁸ Kr y ⁸² Kr: Entre 1,1 veces y 10 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,9 veces el porcentaje natural. Otros: Entre 1,001 veces y 1,1 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,99 veces el porcentaje natural
	Ne	²⁰ Ne ²¹ Ne ²² Ne	²⁰ Ne: 90,48 % ²¹ Ne: 0,27 % ²² Ne: 9,25 %	N/A	²¹ Ne y ²² Ne: Entre 1,001 veces y 1,1 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,99 veces el porcentaje natural
	Xe	¹²⁴ Xe ¹²⁹ Xe ¹³¹ Xe ¹³² Xe ¹³⁴ Xe ¹³⁶ Xe	¹²⁴ Xe: 0,095 % ¹²⁶ Xe: 0,089 % ¹²⁸ Xe: 1,91 % ¹²⁹ Xe: 26,4 % ¹³⁰ Xe: 4,07 % ¹³¹ Xe: 21,2 % ¹³² Xe: 26,9 % ¹³⁴ Xe: 10,4 % ¹³⁶ Xe: 8,86 %	N/A	¹²⁴ Xe, ¹²⁹ Xe: Entre 1,1 veces y 10 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,9 veces el porcentaje natural. Otros: Entre 1,001 veces y 1,1 veces el porcentaje naturalmente presente del isótopo o menor o igual a 0,99 veces el porcentaje natural

El componente de codificación puede contener al menos un isótopo de un gas activo, que reacciona con el material del elemento constructivo que va a producirse de tal manera que permanece en el elemento constructivo.

- 5 El componente de codificación puede comprender al menos un isótopo de un gas inerte, depositándose el isótopo en el elemento constructivo.

El componente de codificación puede contener varios isótopos diferentes (isótopos de distintos gases) en relaciones predeterminadas, formando los distintos isótopos la codificación en el elemento constructivo.

10

Los isótopos pueden ser isótopos del gas que constituye el componente principal del gas de proceso.

Los isótopos pueden ser también isótopos que no están presentes en el gas de proceso.

- 15 Los isótopos de nitrógeno ¹⁵N pueden comportarse en ocasiones de manera inerte y en ocasiones de manera reactiva en función del elemento de aleación, la temperatura, la concentración y/o el tiempo de reacción.

- 20 Los isótopos de hidrógeno pueden estar depositados también en estado gaseoso en microporosidades, reaccionar con oxígeno atómico y disolverse, o pueden formar hidruros metálicos por medio de adsorción sobre superficies metálicas y permanecer en el elemento constructivo.

Los isótopos de carbono ¹²C y ¹³C se proporcionan en forma de dióxido de carbono que se separa después en el procedimiento.

Algunos isótopos de H, N, CO pueden añadirse al procedimiento como parte de un compuesto químico tal como, por ejemplo: $C^{18}O_2$, $^{13}CO_2$, N_2H_3 y $^{15}NH_3$.

5 Un gas de codificación de este tipo se emplea para la codificación de elementos constructivos según el procedimiento descrito anteriormente.

10 Las instalaciones actuales no son necesariamente adecuadas para mezclas de gas activo con O_2 o CO_2 , pero podrían comercializarse así cuando esto sea útil desde el punto de vista metalúrgico. Procedimientos generativos que tienen lugar fuera de una cámara (deposición de metal por láser, fabricación aditiva por arco de alambre, procedimientos de arco voltaico basados en plasma-polvo o alambre) pueden ponerse en práctica sin limitación con gases.

15 El motivo de que las cámaras de proceso actuales no estén previstas para el uso de gases reactivos se basa en que hasta ahora no se ha intentado. Las tecnologías conocidas usan generalmente gas inerte para poder examinar el comportamiento metalúrgico sin reacción química adicional. Sin embargo pueden adaptarse cámaras de proceso para LMF (SLM) de manera sencilla a mezclas de gas activo.

20 Las formas de realización de fabricación generativa fuera de cámaras de proceso son esencialmente más flexibles en cuanto a las mezclas de gas. Es incluso posible entonces el uso de dos o tres alimentaciones de gas distintas a la zona de proceso. La gran diferencia en comparación con las cámaras de proceso es el comportamiento de respuesta a composiciones de gas modificadas. Mientras que en la cámara de proceso no es de este modo sencillo limitar el depósito de los isótopos sobre una zona determinada de un elemento constructivo, en el procedimiento abierto, tal como el arco voltaico o plasma de los isótopos, es más fácilmente posible disponer los isótopos de manera precisa e incluso variarlos con mayor frecuencia dentro de un elemento constructivo. Por lo tanto, según la invención también está prevista una fabricación fuera de una cámara de proceso sin gas de proceso. En un procedimiento de este tipo tiene que alimentarse entonces el gas de codificación por separado cuando el proceso tiene lugar en aire ambiente.

30 La invención se explica en detalle a continuación por medio de una figura. Esta muestra en la figura 1 una representación esquemática de un dispositivo (no según la invención).

35 A continuación se describe un dispositivo 1 para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional. En principio, tal como ya se mencionó anteriormente, casi cualquier dispositivo 1 para la fabricación generativa de elementos constructivos tridimensionales es adecuado para realizar el procedimiento según la invención.

La invención se explica en forma general a modo de ejemplo por medio de un dispositivo de fusión por láser 1 con lecho de polvo (figura 1).

40 El dispositivo de fusión por láser comprende una cámara 2 de proceso que está cerrada por fuera por una pared 3 de cámara y delimita un espacio de proceso 4. La cámara 2 de proceso sirve como espacio constructivo para el elemento constructivo tridimensional.

45 En la cámara 2 de proceso está dispuesto un recipiente 13 abierto por arriba. En el recipiente 13 está dispuesta una plataforma constructiva 5 para alojar el elemento constructivo 6 que va a fabricarse. La plataforma constructiva 5 presenta un equipo de ajuste en altura, por medio del cual puede ajustarse la plataforma constructiva 5 en dirección vertical de tal manera que una superficie de una capa que justo va a solidificarse está dispuesta en un plano de trabajo.

50 Además, el dispositivo 1 comprende un recipiente 7 de reserva. El recipiente 7 de reserva está configurado para alojar un material de partida en forma de polvo que puede solidificarse.

55 Además está previsto un equipo 8 de aplicación para aplicar el material de partida sobre la plataforma constructiva 5. Un equipo 8 de aplicación de este tipo es móvil en dirección horizontal en paralelo al plano de trabajo.

60 Además está previsto un láser 9 para generar un rayo láser o una fuente de calor. Un rayo láser generado por el láser 9 se desvía a través de un equipo 10 de desviación y se enfoca por un equipo de enfoque (no representado) sobre un punto predeterminado directamente por debajo del plano de trabajo. Por medio del equipo 10 de desviación puede modificarse la trayectoria del rayo láser de tal manera que funda los sitios de la capa aplicada correspondientes a la sección transversal del objeto que va a producirse.

Además, está previsto un equipo de alimentación de gas 11 de proceso, por medio del cual la cámara 2 de proceso puede cargarse con un gas de proceso.

El equipo de alimentación de gas 11 de proceso presenta un recipiente 7 de reserva para el gas de proceso, estando conectado el recipiente de reserva de gas de proceso (no representado) a través de un tramo de conducto con la cámara 2 de proceso.

5 Además está previsto un equipo de alimentación de componente 12 de codificación, por medio del cual la cámara 2 de proceso puede cargarse con un componente de codificación.

10 El equipo de alimentación de componente de codificación presenta un recipiente 7 de reserva (no representado) para el componente de codificación. Este está conectado a través de un tramo de conducto con la cámara 2 de proceso.

15 Como alternativa puede estar prevista una cámara de mezclado (no representada). La cámara de mezclado presenta una entrada para alimentar gas de proceso desde el recipiente 7 de reserva para gas de proceso y una entrada para alimentar componente de codificación desde el recipiente 7 de reserva para el componente de codificación.

20 El gas de proceso y el componente de codificación pueden proporcionarse también como premezcla (premix) desde un recipiente de reserva de gas (no representado), que contiene tanto gas de proceso como un porcentaje correspondiente de componente de codificación. Este recipiente de reserva de gas que contiene la premezcla constituye entonces el equipo de alimentación de componente de codificación y está directamente conectado con la cámara 2 de proceso de manera adicional al recipiente 7 de reserva para el gas de proceso o con la cámara de mezclado.

25 Además está previsto un equipo de control (no representado) para controlar la adición del componente de codificación. El equipo de control comprende un equipo de regulación de componente de codificación con un circuito de regulación cerrado que regula la adición. El equipo de regulación de componente de codificación puede comprender un regulador P, un regulador I, un regulador D y combinaciones de los mismos, tal como por ejemplo un regulador PID. El equipo de regulación de componente de codificación detecta por medio de un sensor un valor real de uno o varios flujos volumétricos en la cámara 2 de proceso y/o la cámara de mezclado, lo compara con un valor teórico predeterminado de uno o varios flujos volumétricos y, a través de un elemento de ajuste, se ajusta entonces el valor teórico predeterminado.

30 A continuación se describe un procedimiento según la invención por medio de un ejemplo de realización.

35 A este respecto se aplica o proporciona en la primera etapa un material de partida metálico sobre la plataforma constructiva 5 en forma de un lecho de polvo por medio del equipo de recubrimiento. Como alternativa, el material de partida metálico puede alimentarse también por medio de una alimentación de polvo o de una alimentación de alambre.

40 A continuación, en una segunda etapa se alimenta a la cámara 2 de proceso por medio del equipo de alimentación de gas 11 de proceso como gas de proceso un gas protector inerte, tal como por ejemplo nitrógeno.

En una etapa siguiente se funde el material de partida por medio del láser 9.

45 Dado que el volumen fundido en casi todos los procedimientos generativos es, por regla general, considerablemente pequeño, el enfriamiento de la capa tiene lugar mientras el láser funde material en otro sitio o también cuando se aplica una nueva capa de polvo.

50 Además, en determinados procesos puede estar prevista una etapa de estabilización en la que se enfría y solidifica la capa.

Estas etapas se repiten.

55 O bien de manera continua o bien en un instante predeterminado se alimenta entonces a la cámara de proceso el componente de codificación. Por regla general, en la cámara de proceso se encuentra permanentemente gas de proceso. El proceso de construcción comienza por regla general solo cuando se cumplen los requisitos de contenido de O_2 y H_2O . Si el gas de proceso es nitrógeno o una mezcla que contiene nitrógeno (lo mismo para el argón), entonces en el gas de proceso está contenido un componente de codificación de tal manera que el porcentaje de isótopos de nitrógeno-15 y nitrógeno-14 esté modificado con respecto al porcentaje natural de isótopos de nitrógeno-15 y nitrógeno-14 o su relación. Por ejemplo, en el caso del nitrógeno, la relación de ^{15}N (frecuencia = 99,634) con respecto a ^{14}N (frecuencia = 0,366) está modificada de tal manera que el porcentaje de ^{15}N se ha elevado y el porcentaje de ^{14}N se ha reducido (o a la inversa).

Mediante el componente de codificación, esta zona del elemento constructivo obtiene una firma isotópica única.

65 En capas adicionales del elemento constructivo puede usarse de nuevo el gas de proceso original que no contiene ningún componente de codificación.

- 5 La codificación del elemento constructivo con un componente de codificación puede repetirse de modo que estén codificadas capas o zonas diferentes en el elemento constructivo. Para codificar zonas tiene que interrumpirse el proceso de producción de una capa, modificarse la atmósfera en la cámara de proceso o modificarse la composición de gas de proceso y producirse la capa restante. Esta etapa tiene que repetirse de manera correspondiente en las capas sucesivas, de modo que entonces esté codificada una zona del elemento constructivo.
- En este sentido puede usarse en cada caso el mismo componente de codificación o pueden usarse también diferentes componentes de codificación.
- 10 La información de codificación se almacena en una base de datos.
- Todos los parámetros necesarios para la fabricación del elemento constructivo tridimensional están almacenados igualmente de manera electrónica.
- 15 El equipo de alimentación de componente de codificación puede estar conectado con una interfaz del dispositivo de tal manera que se almacena exactamente en qué instante o en qué intervalo de tiempo predeterminado durante la fusión del material de partida está asociado al gas protector un componente de codificación. De esta manera puede determinarse o detectarse de manera precisa dónde está dispuesta la codificación en el elemento constructivo.
- 20 Esta información de codificación puede enlazarse de manera ventajosa también con los números de serie del elemento constructivo.
- Por ejemplo es posible producir, en una primera serie de elementos constructivos, la capa más inferior o las capas más inferiores con la adición de un componente de codificación. En otra serie de elementos constructivos pueden producirse entonces otras capas con el componente de codificación. Como resultado, para una única serie de elementos constructivos se obtiene la posibilidad de codificarlos en distintos sitios.
- 25 La codificación diferente de una serie constructiva individual hace que sea aún más difícil para los falsificadores falsificar la codificación.
- 30 Según la invención, los isótopos usados pueden ser isótopos del gas protector, es decir, que por ejemplo con el uso de nitrógeno como gas protector se ha modificado la relación de isótopos de nitrógeno-15 con respecto a isótopos de nitrógeno-14. Por ejemplo, puede estar previsto también dióxido de carbono, que contiene isótopos de carbono-12, carbono-13 y carbono-14.
- 35 En la producción de elementos constructivos a partir de aluminio pueden combinarse por ejemplo argón, isótopos de oxígeno e isótopos de nitrógeno.
- En la producción de elementos constructivos a partir de acero fino o aleaciones a base de níquel puede usarse una combinación de isótopos de carbono en CO₂ e isótopos de hidrógeno en H₂.
- 40 Pueden emplearse isótopos inertes, en principio, independientemente del material, dado que la incrustación en las microporosidades es un proceso puramente mecánico.
- 45 Pero es también posible añadir al gas protector como componente de codificación otros isótopos de otro gas junto con un porcentaje de este otro gas.
- En una etapa siguiente puede analizarse el elemento constructivo tridimensional acabado con ayuda de un equipo de detección, tal como, por ejemplo, un espectrómetro de masas (cromatógrafo de gases), y comprobar así la codificación o la originalidad del elemento constructivo. Es posible un análisis por medio de resonancia magnética o también procedimientos de análisis químico.
- 50 Según una realización adicional del procedimiento según la invención, como componente de codificación está previsto un elemento de aleación gaseoso.
- 55 En este sentido puede estar previsto, por ejemplo, usar un gas inerte, tal como argón, como gas de proceso, que contiene un bajo porcentaje de entre 1 ppm y 10.000 ppm de nitrógeno-15 como componente de codificación. El material de partida metálico contiene titanio. En consecuencia, en la producción del elemento constructivo tridimensional, un pequeño porcentaje del titanio reacciona con el nitrógeno-15 y forma nitruro-15 de titanio. Este no puede diferenciarse del nitruro-14 de titanio en sus propiedades químicas y físicas y, por lo tanto, esto no puede detectarse mediante procedimientos de análisis químico. Sin embargo es posible analizar el elemento constructivo con un espectrómetro de masas. A este respecto se determina entonces que el elemento constructivo se produjo bajo una atmósfera de nitrógeno con porcentaje elevado de nitrógeno-15.
- 60 Por lo tanto, por medio del procedimiento según la invención es posible codificar determinadas zonas o estratos de un elemento constructivo tridimensional y detectar a continuación esta codificación.
- 65

Lista de referencias:

- 1 dispositivo
- 2 cámara de proceso
- 3 pared de cámara
- 4 espacio de proceso
- 5 plataforma constructiva
- 6 elemento constructivo
- 7 recipiente de reserva
- 8 equipo de aplicación
- 9 láser
- 10 equipo de desviación
- 11 equipo de alimentación de gas de proceso
- 12 equipo de alimentación de componente de codificación
- 13 recipiente

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación generativa y la codificación de un elemento constructivo tridimensional, que comprende las siguientes etapas
 5 proporcionar un material de partida metálico,
 alimentar un gas de proceso al material de partida,
 fundir el material de partida con una fuente de calor,
 repetir las etapas anteriores, **caracterizado por que** en al menos un intervalo de tiempo predeterminado durante la fusión se añaden al material de partida un componente de codificación gaseoso o un gas de
 10 codificación que contiene un componente de codificación de tal manera que el uso del componente de codificación en el objeto acabado es detectable; y por que se registra información acerca del componente de codificación y el componente de codificación gaseoso comprende uno o varios isótopos de al menos un gas y el porcentaje del al menos un isótopo está modificado con respecto al porcentaje naturalmente presente de este isótopo en el gas y por que el material de partida metálico se proporciona por medio de lecho de polvo o
 15 alimentación de polvo o alimentación de alambre y la fuente de calor es un rayo láser o un arco de plasma/voltaico.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el gas de proceso comprende un gas inerte, tal como argón, helio, neón, criptón, xenón o radón o un gas activo, tal como O₂, CO₂, H₂ y N₂ o también mezclas de los mismos, y el componente de codificación comprende dióxido de carbono oxígeno 18 (C¹⁸O₂), dióxido de carbono carbono 13 (¹³CO₂), monóxido de carbono carbono 13 (¹³CO), deuterio (D₂), nitrógeno 15 (¹⁵N₂) y oxígeno 18 (¹⁸O₂) o también mezclas de los mismos.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la frecuencia del isótopo con respecto a la frecuencia naturalmente presente está aumentada o reducida en más del 0,5 % o en más del 1,0 % o en más del 1,5 % o en más del 2,5 % o en más del 5,0 % o en más del 10,0 % o en más del 25 % o en más del 50,0 % o en más del 75 % o en más del 100 % o en más del 150 % o en más del 200 % o en más del 500 % o en más del 1000 %.
- 30 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que el componente de codificación contiene al menos un isótopo de un gas activo, que reacciona con el material del elemento constructivo que va a producirse de tal manera que permanece en el elemento constructivo y/o por que el componente de codificación comprende al menos un isótopo de un gas inerte, depositándose el isótopo en el elemento constructivo.
- 35 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que el componente de codificación contiene varios isótopos diferentes en relaciones predeterminadas, formando los distintos isótopos la codificación en el elemento constructivo.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por que los isótopos son isótopos del gas que forma el componente principal del gas de proceso y/o por que los isótopos difieren de los isótopos del gas de proceso.
- 45 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que el componente de codificación comprende un elemento de aleación gaseoso, estando seleccionado el porcentaje del elemento de aleación gaseoso de tal manera que el elemento de aleación gaseoso modifica las propiedades materiales del elemento constructivo de manera únicamente no significativa.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el registro de información de codificación comprende almacenar información de codificación en una base de datos.
- 50 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que por medio de la información de codificación se detecta el objeto acabado en cuanto a su componente de codificación, por ejemplo por medio de procedimientos de análisis químico o por medio de un espectrómetro de masas, y/o por que la información de codificación contiene datos sobre el tipo y/o el porcentaje del componente de codificación y/o sobre la posición del componente de codificación en el objeto y/o sobre el número de serie del
 55 objeto.

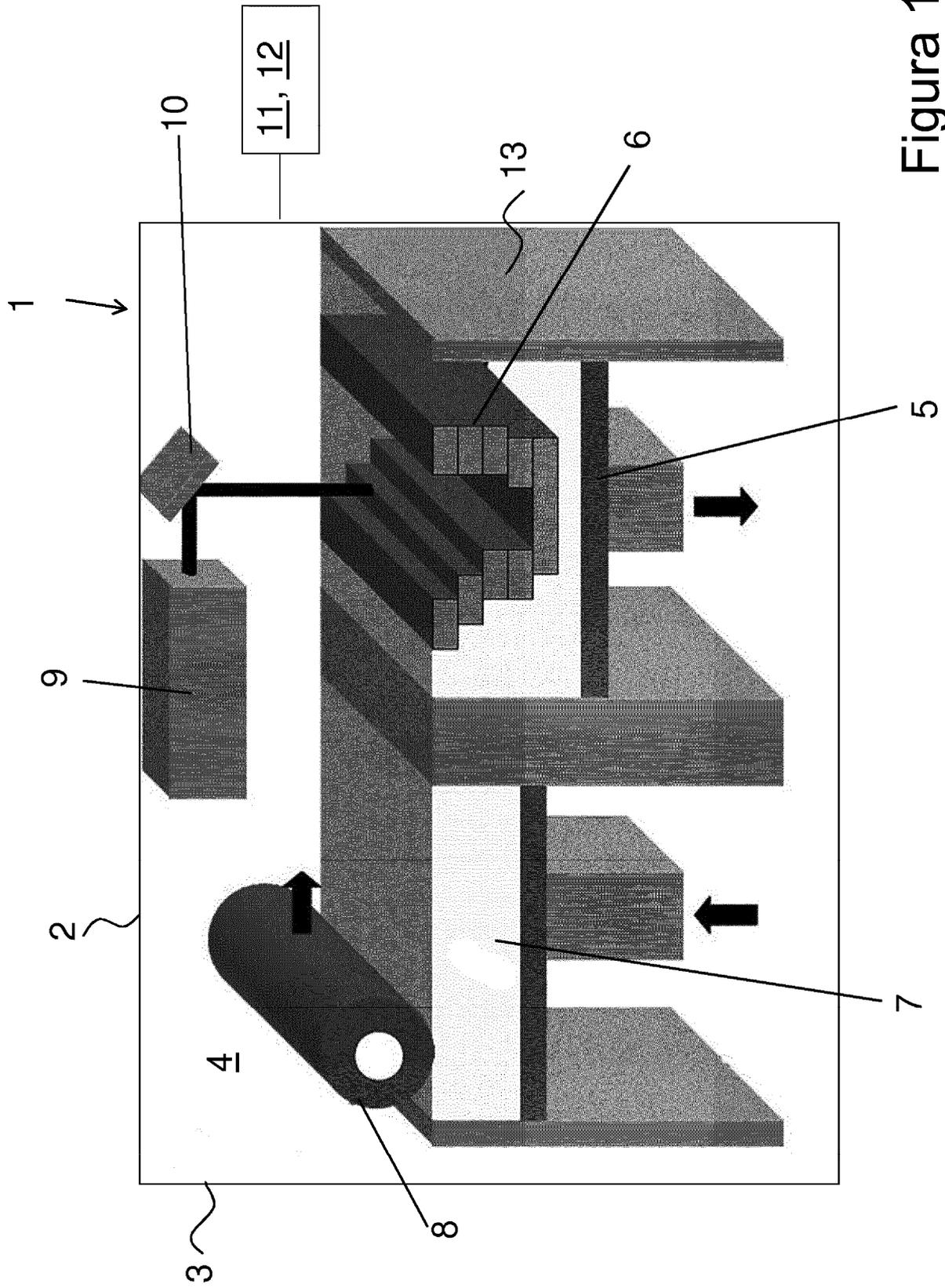


Figura 1