

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 982 802**

51 Int. Cl.:

**B22F 12/00** (2011.01)  
**B22F 12/41** (2011.01)  
**B22F 10/28** (2011.01)  
**B33Y 10/00** (2015.01)  
**B33Y 30/00** (2015.01)  
**G21F 1/00** (2006.01)  
**G21F 3/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.02.2021** **PCT/EP2021/054933**  
87 Fecha y número de publicación internacional: **04.11.2021** **WO21219274**  
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.02.2021** **E 21709910 (0)**  
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2024** **EP 4142973**

54 Título: **Sistema de fabricación aditiva para material de partida en forma de polvo y procedimiento para la fabricación de un componente**

30 Prioridad:

**27.04.2020 DE 102020111460**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.10.2024**

73 Titular/es:

**ALD VACUUM TECHNOLOGIES GMBH (100.0%)**  
**Otto-von-Guericke-Platz 1**  
**63457 Hanau, DE**

72 Inventor/es:

**SCHÄFER, KARSTEN;**  
**NIEBLING, ARNO y**  
**OSMANLIC, FUAD**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 982 802 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

Sistema de fabricación aditiva para material de partida en forma de polvo y procedimiento para la fabricación de un componente

5 La presente invención se refiere a un sistema de fabricación aditiva para material de partida en forma de polvo con cañones de haz de electrones como unidades de irradiación. El sistema presenta una protección mejorada de la radiación ionizante, en particular los rayos X.

### Estado de la técnica

10 Del estado de la técnica son conocidos dispositivos y procedimientos para la fabricación aditiva de piezas de trabajo, también conocidos bajo el término "Additive Manufacturing" (AM). Se habla también de "procedimientos de fabricación generativos" o "impresión 3D". La materia prima puede estar en forma de polvo o líquida. El procedimiento de polvo incluye, por ejemplo, la fusión selectiva por láser (SLM), la sinterización selectiva por láser (SLS) o la fusión por haz de electrones (EBM). La materia prima consiste en plásticos o metales.

15 En los procedimientos en los que se trabaja con una materia prima en forma de polvo, el material es aplicado en forma de capa sobre una superficie de trabajo que puede ser descendida para allí ser fundida o sinterizada por secciones. A continuación, la superficie de trabajo desciende un espesor de capa. Sobre la capa se aplica luego otra capa y se sigue el mismo procedimiento que con la primera capa. Las secciones para fundir o sinterizar son elegidas de modo que capa a capa sea construida la pieza de trabajo tridimensional.

20 Las instalaciones que funcionan según el procedimiento de fusión por haz de electrones (EBM) utilizan en lugar del procedimiento láser uno o varios cañones de haz de electrones como fuente de radiación. Dado que, además del calor deseado, cuando el haz de electrones incide sobre la superficie del polvo también se producen rayos X, estas instalaciones deben poseer una protección frente a la radiación ionizante. Para la protección frente a la radiación ionizante y en particular los rayos X normalmente las paredes de la instalación son dotadas de forma costosa con revestimientos principalmente de plomo o también de acero. Para poder absorber de forma fiable la radiación ionizante es necesario un espesor mínimo correspondiente de estos revestimientos. Esto hace que las instalaciones sean muy pesadas y, por tanto difíciles de mantener. Aparte de eso, los revestimientos gruesos también provocan costes considerables. Además, el plomo es preocupante desde el punto de vista fisiológico.

25 Por ejemplo, el documento US 2018/0311759 A1 describe un dispositivo para formar un artículo tridimensional depositando sucesivamente capas individuales de material en polvo que son fusionadas entre sí para formar el artículo, comprendiendo el dispositivo una fuente de haces de electrones que emite un haz de electrones para fusionar el material en polvo, un tanque de construcción, una construcción hueca con una abertura superior y una abertura inferior, medios para mover la construcción hueca entre una primera posición y una segunda posición, una unidad de sincronización para sincronizar el movimiento de un distribuidor de polvo para aplicar las capas individuales de material en polvo sobre la mesa de trabajo con el movimiento de la construcción hueca, de modo que la construcción metálica hueca se encuentra en la primera posición cuando la capa de polvo es fundida y/o calentada, y en la segunda posición cuando el distribuidor de polvo distribuye el material en polvo para formar las capas de polvo individuales. La construcción hueca sirve como escudo protector frente al calor y las salpicaduras de metal o vapores de metal y está destinada a minimizar la contaminación del espacio de construcción.

### Objeto

40 Partiendo en estos problemas, un objeto de la presente invención era proporcionar un sistema de fabricación aditiva con cañones de haz de electrones con el que se superen los inconvenientes de los dispositivos del estado de la técnica. En particular, el objeto de esta invención era proporcionar un dispositivo al que le basten protecciones más pequeñas y más ligeras sin perjudicar el proceso de construcción, así como un procedimiento para la fabricación de componentes con el mismo.

### Descripción de la invención

45 Este objeto se lleva a cabo con un sistema de fabricación aditiva según la reivindicación 1 y un procedimiento para la fabricación de un componente según la reivindicación 11. Las variantes de realización preferidas son el contenido de las reivindicaciones dependientes.

Un sistema de fabricación aditiva según la invención para material de partida en forma de polvo incluye

- una cámara de vacío que incluye
- 50 + al menos una zona de construcción con una plataforma de construcción,
- + al menos un depósito de polvo dispuesto lateralmente a la zona de construcción,
- + al menos un elemento de aplicación de polvo, que está dispuesto de forma que puede ser movido horizontalmente entre el al menos un depósito de polvo y la al menos una plataforma de construcción,

para distribuir el material de partida en forma de polvo desde el al menos un depósito de polvo a la al menos una plataforma de construcción, de modo que el elemento de aplicación de polvo atraviesa la zona de construcción al menos una vez para cada proceso de distribución de polvo, y

- al menos un cañón de haz de electrones asociado a la al menos una zona de construcción,

5 en el que

- la al menos una zona de construcción está rodeada por una protección de rayos X que comprende cuatro paredes, dos de las cuales pueden estar formadas por paredes de la cámara de vacío;

y caracterizado por que

- las paredes de la protección se componen de una parte superior y una parte inferior al menos a ambos lados en la dirección de movimiento del al menos un elemento de aplicación de polvo, de modo que

+ la parte superior está unida rígidamente a la cámara de vacío, está formada por 2-11 chapas de metal espaciadas horizontalmente y tiene una altura libre sobre la plataforma de construcción que permite el movimiento horizontal del elemento de aplicación de polvo a través de la zona de construcción, y

- + la parte inferior está unida a un marco movable verticalmente y está formada por 2-11 chapas de metal refractario espaciadas horizontalmente que están dispuestas engranadas con las chapas de metal de la parte superior y están fijadas de forma radiopaca al marco movable; y

- la parte inferior es movable con respecto a la parte superior en la vertical entre una posición cerrada y una posición abierta, de modo que las chapas de metal refractario de la parte inferior

+ en la posición cerrada están engranadas con sus bordes inferiores con una estructura de ranuras en la superficie de la zona de construcción formando una estructura laberíntica y con sus bordes superiores están dispuestas engranadas con las chapas de metal de la parte superior formando una estructura laberíntica, y

+ en la posición abierta quedan al menos lo suficientemente alejadas entre las chapas de metal de la parte superior para permitir el movimiento horizontal del elemento de aplicación de polvo a través de la zona de construcción.

- El sistema de fabricación aditiva según la invención puede estar equipado con varios cañones de haz de electrones que cubren zonas individuales de una plataforma de construcción más grande, o también con varias plataformas de construcción, a las que están asociados, respectivamente, uno o varios cañones de haz de electrones. Esta última estructura ofrece la ventaja de que solo es necesario evacuar una única cámara de vacío.

- En el marco de esta solicitud se entiende por zona de construcción la zona de la cámara de vacío del sistema de fabricación aditiva en la que se encuentra la plataforma de construcción, sobre la que es bombardeado el material de partida en forma de polvo con el haz de electrones y, de este modo se construye el componente.

- El elemento de aplicación de polvo puede ser, por ejemplo, una racleta o un rodillo aplicador. El polvo proporcionado desde el depósito de polvo para la siguiente capa del componente es distribuido uniformemente por este sobre la superficie de la plataforma de construcción o sobre las capas que ya se encuentran sobre ella. Para ello, el elemento de aplicación de polvo se desplaza una vez por toda la zona de construcción. El movimiento se realiza al menos hasta el final de la plataforma de construcción, pero normalmente hasta una posición final totalmente en la pared opuesta, ya que allí suele estar colocado un recipiente colector para el polvo sobrante u otro depósito de polvo. Por lo tanto, no es posible montar ningún tipo de instalación en la zona de movimiento del elemento de aplicación de polvo, especialmente por encima de la plataforma de construcción. Sin embargo, este es el lugar donde se originan los rayos X cuando el haz de electrones incide sobre la superficie del polvo.

- En el sistema de fabricación aditiva según la invención, este problema se resuelve utilizando una protección frente a la radiación ionizante que se puede levantar de forma sincrónica con el movimiento del elemento de aplicación de polvo, directamente alrededor de la zona de construcción. Por lo tanto, no es necesario dotar de protección a todas las paredes exteriores de la instalación, sino que basta con superficies de protección esencialmente más pequeñas, ya que estas están dispuestas más cerca del punto de origen de la radiación. De esta manera se puede ahorrar ya un peso considerable simplemente por reducción de la superficie.

- Sin embargo, en este caso todavía existe el problema de que tendrían que moverse masas considerables si las superficies de protección de las paredes exteriores se realizarán de la misma forma y simplemente reduciendo el tamaño. Además de la carga mecánica, que requeriría entonces una mecánica correspondientemente estable, también se ralentizaría el proceso de construcción, ya que el movimiento de las masas pesadas no puede realizarse tan rápidamente como el movimiento habitual del elemento de aplicación de polvo.

Para solucionar este problema, la protección frente a radiación ionizante según la invención no está fabricada de una

placa maciza que deba moverse por completo y que requeriría además un paso estanco al vacío en el techo de la cámara de vacío. En lugar de ello, la protección está diseñada en dos partes con una parte superior que está colocada fija en el techo de la cámara de vacío y una parte inferior móvil. Esto significa que solo es necesario mover la parte que se encuentra en la zona de movimiento del elemento de aplicación de polvo. Además, la chapa maciza se sustituye por un cierto número de chapas delgadas que están espaciadas entre sí en la medida que las chapas de la parte superior y de la parte inferior se pueden mover engranadas entre sí. Esta disposición engranada, que forma una estructura laberíntica, garantiza que no haya una trayectoria directa del haz, sino que la radiación se refleje varias veces sobre las chapas engranadas entre sí y, por lo tanto, se frene.

Además, la chapa de la parte inferior móvil está fabricada de un metal refractario. Cuando en esta solicitud se mencionan "chapas de metal refractario", esto se refiere a chapas de mezclas o aleaciones que contienen más del 50 % en peso, por ejemplo más del 60 % en peso, más del 70 % en peso, más del 80 % en peso, más del 90 % en peso, más del 95 % en peso, en particular más del 99 % en peso, de metales refractarios. En el marco de esta solicitud se entiende por metales refractarios los metales de alto punto de fusión: titanio, circonio, hafnio, vanadio, niobio, tantalio, cromo, molibdeno y tungsteno. Además de su alto punto de fusión, se caracterizan principalmente por una alta densidad y, sobre todo, por un alto coeficiente de absorción específica de radiación ionizante. Esto significa que se pueden utilizar chapas más delgadas para lograr potencias de protección comparables a la de los gruesos revestimientos convencionales de plomo o acero en las paredes exteriores. También es totalmente esencial aquí la ventaja de la mayor resistencia a la temperatura de los metales refractarios, especialmente en comparación con el plomo, lo que significa que la protección se puede mover más cerca del lugar de radiación y, por lo tanto, requiere menos superficie. Además, el plomo posee una estabilidad mecánica insuficiente, lo que impide una fijación en forma de chapa a un marco móvil ya solo por motivos mecánicos sin temperaturas elevadas. Aunque el acero ofrece mejor estabilidad, también tendría que hacerse más grueso y por tanto más pesado ya que su coeficiente de absorción es menor.

Las chapas de metal refractario de la parte inferior se componen preferentemente de tungsteno, molibdeno, renio, tantalio y/o mezclas o aleaciones de los mismos. Son especialmente preferidos el tungsteno, el molibdeno, el tantalio y/o sus mezclas o aleaciones. Las aleaciones y mezclas se pueden preparar preferentemente con cobre.

La parte superior de la protección, que no es necesario mover, no tiene que estar fabricada necesariamente de metales refractarios, sino que por razones de coste también puede estar fabricada de otros metales. Sin embargo, si la cámara de vacío se mantiene muy baja o deben ser generadas temperaturas muy altas debido al polvo metálico que se procesa, puede ser deseable fabricar también las chapas de la parte superior de metales refractarios. En este caso se pueden utilizar los mismos metales refractarios que para la parte inferior. En variantes de realización, las chapas de metal de la parte superior están compuestas de acero inoxidable, cobre, metales refractarios y/o mezclas o aleaciones de los mismos.

Se ha demostrado que es ventajoso configurar las chapas individuales de la parte superior con una longitud decreciente desde el exterior hacia el interior. Los bordes inferiores están alineados uniformemente de modo que los bordes superiores estén desplazados a modo de escalones. Esto facilita la fijación de las chapas al techo de la cámara de vacío.

El número de chapas para la parte superior y la parte inferior debe ser fijado en función de la potencia de los cañones de haz de electrones y de la radiación ionizante generada por ellos, así como del metal utilizado. Dependiendo de la capacidad de absorción del metal seleccionado, ha resultado óptimo aquí entre 2 y 11 chapas. Por motivos de seguridad es preferible elegir el número de chapas de modo que siempre sea montada una chapa más de lo necesario para la protección.

Por razones de coste la protección puede fabricarse preferentemente a partir de piezas individuales de chapa de metal refractario que están disponibles comercialmente en tamaños estándar. Ventajosamente, en cada capa de chapas de metal refractario están previstas al menos dos juntas. En las juntas dentro de la parte superior y/o inferior las chapas no se solapan para evitar inclinaciones debido a la distorsión causada por la expansión térmica. Las chapas individuales pueden tener en las juntas un espacio de hasta 50 mm, hasta 40 mm, hasta 30 mm o hasta 20 mm. El espacio es preferentemente de 5 mm a 25 mm, lo más preferiblemente de 10 mm a 20 mm. Las juntas entre dos capas sucesivas de chapas de metal refractario dentro de la parte superior y/o inferior están dispuestas no alineadas para evitar una trayectoria libre del haz.

Preferiblemente, las chapas de metal refractario de la parte inferior tienen cada una un espesor de 0,1 a 20 mm. El espesor de las chapas puede ser de 0,1 a 20 mm, 0,5 a 15 mm, 1 a 10 mm, 2 a 8 mm o 3 a 6 mm. El espesor puede ser en particular como máximo de 20 mm, como máximo de 15 mm, como máximo de 10 mm, como máximo de 8 mm o como máximo de 6 mm. En particular, puede ser de al menos 0,1 mm, al menos 0,5 mm, al menos 1 mm, al menos 2 mm o al menos 3 mm.

Como protección térmica adicional, la parte inferior puede presentar, además de las chapas metálicas refractarias, una o dos capas de chapa de acero inoxidable como capas más internas. Estas pueden estar dispuestas entonces como una doble capa a una distancia menor entre sí que las chapas de metal refractario. Las chapas de acero inoxidable contribuyen principalmente a la protección contra el calor, pero también en menor medida, a la protección contra la radiación. Por esta medida se protegen del calor las chapas de metal refractario más caras y, por tanto, duran

más. Las chapas de acero inoxidable más baratas, por el contrario, se pueden sustituir con mayor frecuencia.

Preferiblemente, las chapas de metal de la parte superior tienen cada una un espesor de 1 a 100 mm. El espesor de las chapas de metal puede ser de 1 a 100 mm, de 2 a 75 mm, de 3 a 50 mm, de 4 a 25 mm o de 5 a 15 mm. El espesor puede ser en particular como máximo de 100 mm, como máximo de 75 mm, como máximo de 50 mm, como máximo de 25 mm o como máximo de 15 mm. En particular, puede ser de al menos 1 mm, al menos 2 mm, al menos 3 mm, al menos 4 mm o al menos 5 mm. El espesor de las chapas de metal de la parte superior está diseñado preferiblemente de forma que coincida con el de las chapas de metal refractario de la parte inferior, de modo que la parte superior y la parte inferior absorban aproximadamente la misma cantidad de radiación. Las chapas de metal de la parte superior no necesariamente tienen que tener un espesor uniforme. Así, por ejemplo, también se pueden hacer más gruesas en los lados exteriores de la pila de chapas que en el interior.

Lo más preferiblemente, las chapas de metal refractario de la parte inferior y las chapas de metal de la parte superior están cada una a una distancia de 1 mm a 50 mm entre sí cuando están engranadas. Así, la distancia entre las chapas de metal refractario es, por ejemplo, 1 mm + espesor de las chapas de metal en la parte superior + 1 mm. En cualquier caso, la distancia entre las chapas debe ser mucho menor que la altura de las chapas para poder representar de forma fiable una trampa de rayos. La distancia entre las chapas debería ser en particular como máximo la mitad de la distancia a la que la parte superior y la parte inferior engranan entre sí en el estado cerrado. De esta manera se pueden maximizar las múltiples reflexiones en el laberinto de haces generado.

En la superficie de la zona de construcción están realizadas ranuras correspondientes, en las que se aplican los bordes inferiores de las chapas de la parte inferior de la protección, de la misma manera que sus bordes superiores se aplican en los bordes inferiores de la chapa de la parte superior cuando la protección está en la posición cerrada. Por tanto, también se crea un laberinto en el lado inferior de la parte inferior de la protección, que impide la salida de radiación.

En una variante de realización, las chapas de metal refractario de la parte inferior tienen una densidad superior a 10 g/cm<sup>3</sup> (a 20 °C).

La protección frente a la radiación ionizante se puede construir de dos formas. En cualquier caso, comprende cuatro paredes que rodean y por tanto protegen la zona de construcción. Dos de estas paredes pueden estar formadas por las paredes exteriores de la cámara de vacío, que luego son dotadas de un material de protección de la manera habitual. En cuanto a este material también se puede tratar de materiales comunes como plomo y acero, pero preferiblemente no se utiliza plomo, sino metales refractarios o acero. Estas dos paredes son en este caso las paredes de la protección que no se sitúan en la dirección del movimiento del elemento de aplicación de polvo. Las paredes que se sitúan en la dirección de movimiento del elemento de aplicación de polvo están configuradas entonces en forma de dos piezas con una parte superior y otra inferior, de modo que la protección se puede levantar para permitir el paso del elemento de aplicación de polvo.

Sin embargo, es más preferible utilizar cuatro paredes propias para la protección. De esta manera se produce en todos los lados la distancia más pequeña al lugar de radiación, de modo que se debe utilizar la menor superficie y masa de materiales de protección.

Lo más preferiblemente, las cuatro paredes de la protección constan de una parte superior y una parte inferior. Esto es especialmente ventajoso porque con dos paredes fijas no es posible cualquier tipo de elementos de aplicación de polvo o sus accionamientos. Por ejemplo, si estos son guiados y/o accionados lateralmente como en el caso de una racleta, se deben levantar las cuatro paredes para permitir que la racleta pase sobre la zona de construcción. Esto significa que existe una mayor libertad de diseño para el elemento de aplicación de polvo.

En variantes de realización, la fijación radiopaca de las chapas de metal refractario de la parte inferior en el marco móvil presenta una fijación de perno espaciador que tiene dos diámetros diferentes. El primer diámetro tiene una dimensión que coincide con el orificio en las chapas de metal refractario. El segundo diámetro que presentan los pernos distanciadores fuera del orificio es mayor, de modo que la radiación en la trayectoria a través del orificio queda protegida por el perno distanciador al igual que por la chapa de metal refractario en la zona no perforada.

En variantes de realización preferidas, el elemento de aplicación de polvo es una racleta o un rodillo.

El procedimiento según la invención para la fabricación de un componente con un sistema de fabricación aditiva incluye los pasos

- a) proporcionar un sistema de fabricación aditiva según la invención,
- b) proporcionar material de partida en forma de polvo en el al menos un depósito de polvo y evacuación de la cámara de vacío,
- c) mover la parte inferior de la protección a la posición abierta,
- d) distribuir material de partida en forma de polvo desde el al menos un depósito de polvo sobre la al menos una plataforma de construcción moviendo horizontalmente el elemento de aplicación de polvo entre el al menos un

depósito de polvo y la al menos una plataforma de construcción, cruzando completamente la zona de construcción al menos una vez,

e) mover la parte inferior de la protección a la posición cerrada,

f) generar una capa del componente por irradiación del material de partida en forma de polvo con el al menos un cañón de haz de electrones,

g) repetir los pasos c) a f) hasta que el componente esté terminado.

Dependiendo del diseño del elemento de aplicación de polvo y del proceso de aplicación, la capa de polvo puede ser aplicada con un simple movimiento de ida o con un movimiento de ida y vuelta. En este último caso, la protección permanece abierta hasta que el elemento de aplicación de polvo haya regresado a su posición de partida después del segundo movimiento. Solo entonces se baja la protección y se inicia la irradiación.

La irradiación se realiza exclusivamente con la protección cerrada. Mientras que la protección esté abierta, los cañones de electrones estarán desactivados.

### Breve descripción de las figuras

Figura 1: es una vista en sección en perspectiva de un sistema de fabricación aditiva según la invención en estado cerrado en la posición de partida,

Figura 2: es una vista en sección en perspectiva de la zona de construcción rodeada por la protección,

Figura 3: es una vista en sección en perspectiva del sistema de la figura 1 en estado abierto con el elemento de aplicación de polvo antes de entrar en la zona de construcción,

Figura 4: es una vista en sección en perspectiva del sistema de la figura 1 en estado abierto con el elemento de aplicación de polvo en la zona de construcción, y

Figura 5: es una vista en sección en perspectiva del sistema de la figura 1 en el estado cerrado después de que el elemento de aplicación de polvo haya abandonado nuevamente la zona de construcción.

### Descripción de las figuras

Las figuras muestran únicamente una variante de realización preferida como ejemplo de la invención. Por tanto, no deben entenderse como limitativas.

La figura 1 muestra una vista en sección en perspectiva de un sistema de fabricación aditiva según la invención. En la cámara de vacío (1) está dispuesta una zona de construcción (2) en la que se encuentra una única plataforma de construcción (3). Esta se muestra en la posición de partida superior en el inicio de la construcción. A izquierda y derecha de la zona de construcción (2) se encuentra un depósito de polvo (4) con una ranura contigua para alojar el exceso de polvo. El elemento de aplicación de polvo (5), en este ejemplo una racleta que está suspendida sobre un travesaño móvil, transporta en cada caso una cantidad de polvo desde el depósito de polvo (4) hasta la plataforma de construcción (3) en la zona de construcción (2), que es ligeramente mayor de lo necesario para una capa de componente a fin de garantizar que toda la superficie de la plataforma de construcción (3) sea recubierta uniformemente. El exceso de polvo es transportado más allá del depósito de polvo (4) opuesto hasta la ranura y desde allí pasa a un recipiente colector. En la figura 1, el elemento de aplicación de polvo (5) se encuentra en la posición de partida izquierda.

En el techo de la cámara de vacío (1) por encima de la zona de construcción (2) está empotrado un cañón de haz de electrones (6). Toda la zona de construcción (2) está rodeada por los cuatro lados por una protección (7) que consta de una parte superior (8) y una parte inferior (9). La protección (7) está en estado cerrado porque el elemento de aplicación de polvo (5) todavía se encuentra en la posición de partida. La figura 2 muestra nuevamente una vista a escala ampliada de la zona de construcción (2) rodeada por la protección (7). En el ejemplo aquí mostrado, la parte superior (8) está formada por cuatro chapas de metal (10) de acero inoxidable con un espesor en el exterior de 30 mm y un espesor en el interior de 20 mm a una distancia de 13 mm. La parte inferior (9) está formada por tres chapas de metal refractario (11) de tungsteno puro de 3 mm de espesor y espaciadas 30 mm. La densidad de las chapas de metal refractario (11) es por tanto de 19,25 g/cm<sup>3</sup>. Las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9) están dispuestas engranadas con las chapas de metal (10) de la parte superior (8) y se solapan 45 mm con ellas.

Las chapas de metal (10) de la parte superior (8) están dimensionadas en cada caso algo más cortas desde el exterior en dirección a la zona de construcción (2). Esto facilita la fijación de los pernos al soporte escalonado en el techo de la cámara de vacío (1). Las chapas de metal refractario (11) están fijadas al marco móvil (12) y pueden ser elevadas por encima de este. En la posición cerrada aquí mostrada, sus bordes inferiores se aplican en una estructura de ranuras (13) que forma la zona marginal de la zona de construcción (2). La estructura de ranuras (13) está dimensionada de la misma manera que la estructura de la parte superior, es decir, en el presente ejemplo son fresadas ranuras de 13 mm de ancho en la superficie de la cámara de vacío (1) a una distancia de 20 mm alrededor de la

plataforma de construcción (3), ya que las ranuras corresponden a las distancias entre las chapas y los nervios que quedan entremedias corresponden al espesor de las chapas.

Para la fabricación de un componente, los depósitos de polvo (4) se llenan con un material de partida en polvo, por ejemplo un polvo de titanio, la instalación es colocada en la posición de partida representada en la figura 1 y la cámara de vacío (1) es evacuada. Para la generación de la primera capa del componente, a continuación se transporta polvo de titanio desde el depósito de polvo (4) en la dirección de la zona de construcción (2) mediante el elemento de aplicación de polvo (5). Ya sea inmediatamente antes de que el elemento de aplicación de polvo (5) comience a moverse o cuando casi haya alcanzado la protección (7) cerrada, su parte inferior (9) es levantada por medio del marco móvil (12) y empujada dentro de la parte superior (8), de modo que se libera la zona de movimiento del elemento de aplicación de polvo (5). Durante este tiempo el cañón de haz de electrones (6) está desactivado. Esta situación está representada en la figura 3. Cuando la protección (7) está abierta se puede ver claramente la estructura de ranuras (13).

La figura 4 muestra el elemento de aplicación de polvo (5) atravesando la zona de construcción (2) y distribuyendo el polvo de titanio sobre la plataforma de construcción (3). La figura 5 muestra el elemento de aplicación de polvo (5) inmediatamente después de cruzar la zona de construcción (2). Tan pronto como el elemento de aplicación de polvo (5) ha abandonado de nuevo la zona de construcción (2), la parte inferior (9) vuelve a descender a la posición cerrada. Los bordes inferiores de las chapas de metal refractario (11) vuelven a aplicarse en la estructura de ranuras (13). A continuación, el elemento de aplicación de polvo (5) se desplaza hasta la posición final detrás del depósito de polvo (4) derecho y elimina el exceso de polvo de titanio en la ranura colectora. Tan pronto como se vuelve a cerrar la protección (7), el cañón de electrones (6) puede ser activado y comenzarse a escribir los datos de capa para la primera capa.

Una vez escrita la primera capa, el proceso comienza nuevamente en la otra dirección. En instalaciones en las que solo está montado un depósito de polvo (4), el elemento de aplicación de polvo (5) puede permanecer en la posición más allá de la zona de construcción (2) hasta que se escriba la capa y la parte inferior (9) de la protección (7) es levantada de nuevo y solo entonces regresa a la posición de partida para recoger nuevo polvo, o inmediatamente después de cruzar la zona de construcción (2) regresa a la posición de partida con un movimiento de ida y vuelta antes de que se cierre la protección (7).

#### Lista de símbolos de referencia

- 1 cámara de vacío
- 2 zona de construcción
- 3 plataforma de construcción
- 4 depósito de polvo
- 5 elemento de aplicación de polvo
- 6 cañón de haz de electrones
- 7 protección
- 8 parte superior
- 9 parte inferior
- 10 chapa de metal
- 11 chapa de metal refractario
- 12 marco
- 13 estructura de ranuras

# REIVINDICACIONES

## 1. Sistema de fabricación aditiva para material de partida en forma de polvo que incluye

- una cámara de vacío (1) que incluye

+ al menos una zona de construcción (2) con una plataforma de construcción (3),

5 + al menos un depósito de polvo (4) dispuesto lateralmente a la zona de construcción (2),

+ al menos un elemento de aplicación de polvo (5) que está dispuesto de forma móvil horizontalmente entre el al menos un depósito de polvo (4) y la al menos una plataforma de construcción (3), para la distribución de material de partida en forma de polvo desde el al menos un depósito de polvo (4) sobre la al menos una plataforma de construcción (3), de modo que el elemento de aplicación de polvo (5) para cada proceso de distribución de polvo atraviesa al menos una vez la zona de construcción (2), y

10 - al menos un cañón de haz de electrones (6) asociado a la al menos una zona de construcción (2),

en el que

- la al menos una zona de construcción (2) está rodeada por una protección (7) frente a los rayos X que comprende cuatro paredes, dos de las cuales pueden estar formadas por paredes de la cámara de vacío (1),

15 caracterizado por que

- las paredes de la protección (7), al menos a ambos lados en la dirección de movimiento del al menos un elemento de aplicación de polvo (5), constan de una parte superior (8) y una parte inferior (9), en el que

+ la parte superior (8) está unida rígidamente a la cámara de vacío (1), está formada por 2-11 chapas de metal (10) que están distanciadas horizontalmente entre sí y presenta una altura libre por encima de la plataforma de construcción (3) que permite el movimiento horizontal del elemento de aplicación de polvo (5) a través de la zona de construcción (2), y

20 + la parte inferior (9) está unida a un marco (12) móvil verticalmente y está formada por 2-11 chapas de metal refractario (11) espaciadas horizontalmente, que están dispuestas engranadas con las chapas de metal (10) de la parte superior (8) y están fijadas en el marco móvil (12) de manera radiopaca; y

+ la parte inferior (9) es móvil con respecto a la parte superior (8) en la vertical entre una posición cerrada y una posición abierta, donde las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9)

25 - en la posición cerrada están engranadas con sus bordes inferiores con una estructura de ranuras (13) en la superficie de la zona de construcción (2) formando una estructura laberíntica y con sus bordes superiores están dispuestas engranadas con las chapas de metal (10) de la parte superior (8) formando

30 + en la posición abierta se sitúan entre las chapas de metal (10) de la parte superior (8) al menos hasta el punto de permitir el movimiento horizontal del elemento de aplicación de polvo (5) a través de la zona de construcción (2).

2. Sistema de fabricación aditiva según la reivindicación 1, en el que las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9) tienen una densidad superior a 10 g/cm<sup>3</sup> a 20 °C.

35 3. Sistema de fabricación aditiva según la reivindicación 1 o 2, en el que las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9) están compuestas de tungsteno, molibdeno, renio, tantalio y/o mezclas o aleaciones de los mismos.

4. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las chapas de metal (10) de la parte superior (8) están compuestas de acero inoxidable, cobre, metales refractarios y/o mezclas o aleaciones de los mismos.

40 5. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que todas las cuatro paredes de la protección (7) constan de una parte superior (8) y una parte inferior (9).

6. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que la fijación radiopaca de las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9) en el marco móvil (12) comprende una fijación de perno espaciador que tiene dos diámetros, estando el primer diámetro dimensionado de manera que se ajusta en el orificio en las chapas de metal refractario (11) y el segundo diámetro que presentan los pernos espaciadores fuera de la zona del orificio es mayor, y es tal que la radiación en su trayectoria a través el orificio está protegida por el perno distanciador al igual que por la chapa de metal refractario (11) en la zona no perforada.

45 7. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las chapas de metal refractario

(11) de la parte inferior (9) presentan, respectivamente, un espesor de 0,1 a 20 mm.

8. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las chapas de metal (10) de la parte superior (8) presentan, respectivamente, un espesor de 1 a 100 mm

5 9. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que las chapas de metal refractario (11) de la parte inferior (9) y las chapas de metal (10) de la parte superior (8) presentan en cada caso una distancia de 1 a 50 mm entre sí cuando están engranadas.

10. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que en cada capa de chapas de metal refractario (11) de la parte superior (8) y/o de la parte inferior (9) están previstas al menos dos juntas que presentan un espacio de hasta 50 mm.

10 11. Sistema de fabricación aditiva según la reivindicación 10, en el que las juntas de dos capas sucesivas de chapas de metal refractario (11) dentro de la parte superior (8) y/o la parte inferior (9) están dispuestas, respectivamente, no alineadas.

12. Sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el elemento de aplicación de polvo (5) es una racleta o un rodillo.

15 13. Procedimiento para la fabricación de un componente con un sistema de fabricación aditiva que incluye los pasos

- a) proporcionar un sistema de fabricación aditiva según una de las reivindicaciones anteriores,
- b) proporcionar material de partida en forma de polvo en el al menos un depósito de polvo (4) y evacuación de la cámara de vacío (1),
- 20 c) mover la parte inferior (9) de la protección (7) a la posición abierta,
- d) distribuir material de partida en forma de polvo desde el al menos un depósito de polvo (4) sobre la al menos una plataforma de construcción (3) moviendo horizontalmente el elemento de aplicación de polvo (5) entre el al menos un depósito de polvo (4) y la al menos una plataforma de construcción (3), cruzando completamente la zona de construcción (2) al menos una vez,
- 25 e) mover la parte inferior (9) de la protección (7) a la posición cerrada,
- f) generar una capa del componente por irradiación del material de partida en forma de polvo con el al menos un cañón de haz de electrones (6),
- 30 g) repetir los pasos c) a f) hasta que el componente esté terminado.

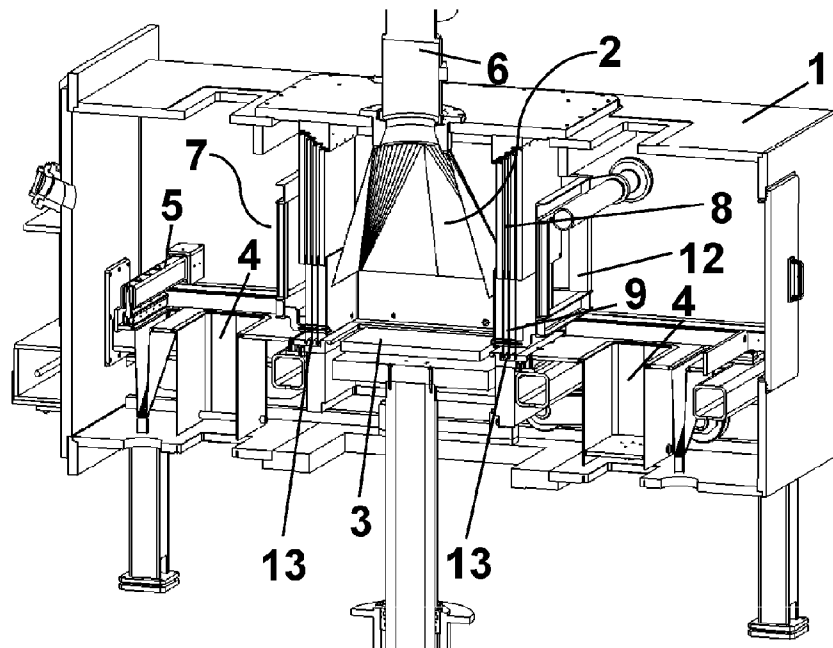


Fig. 1

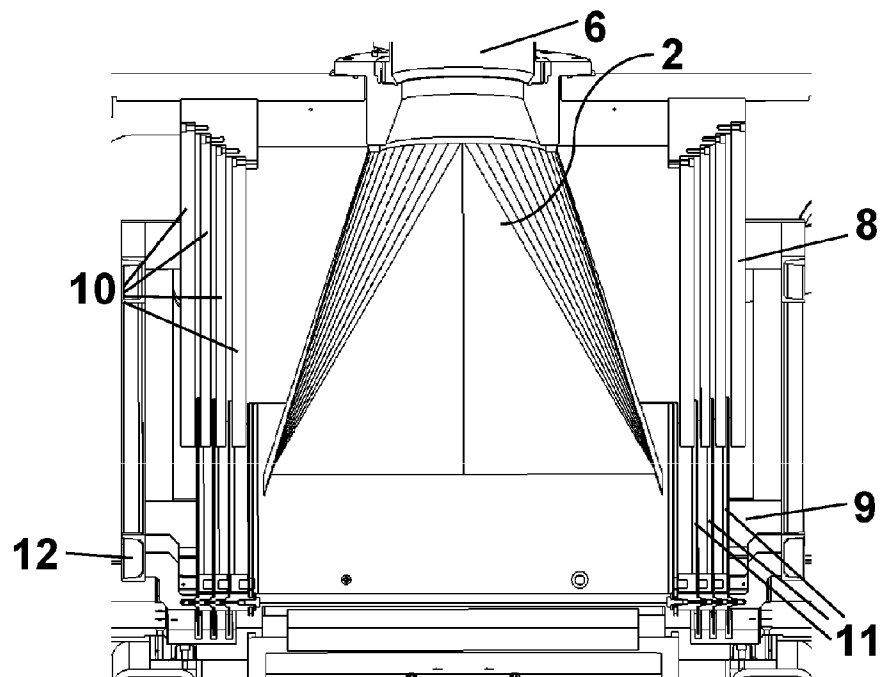


Fig. 2

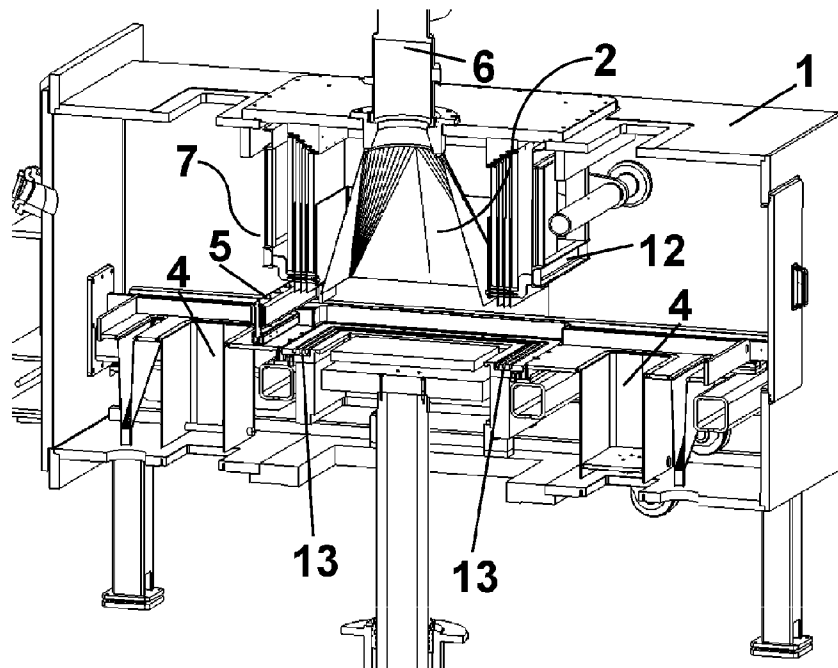


Fig. 3

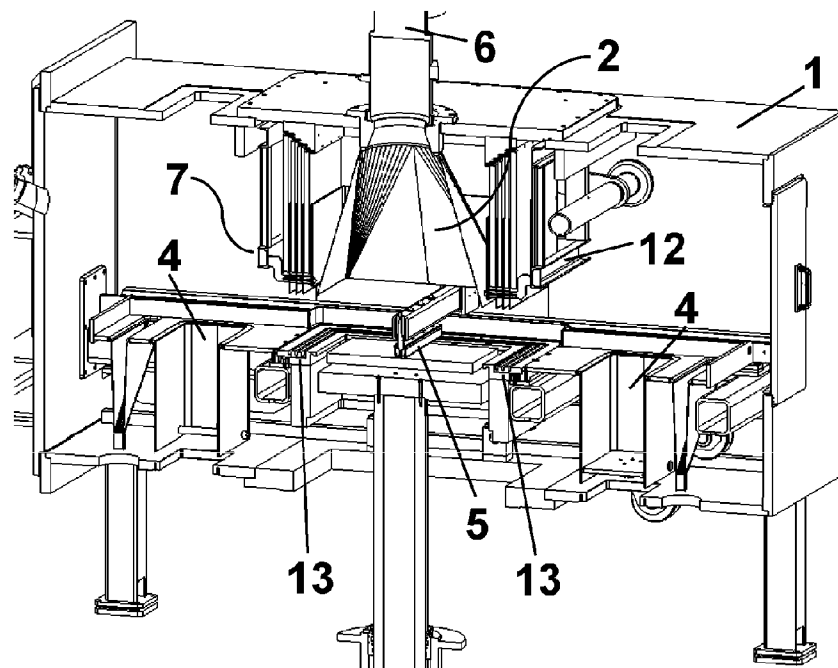
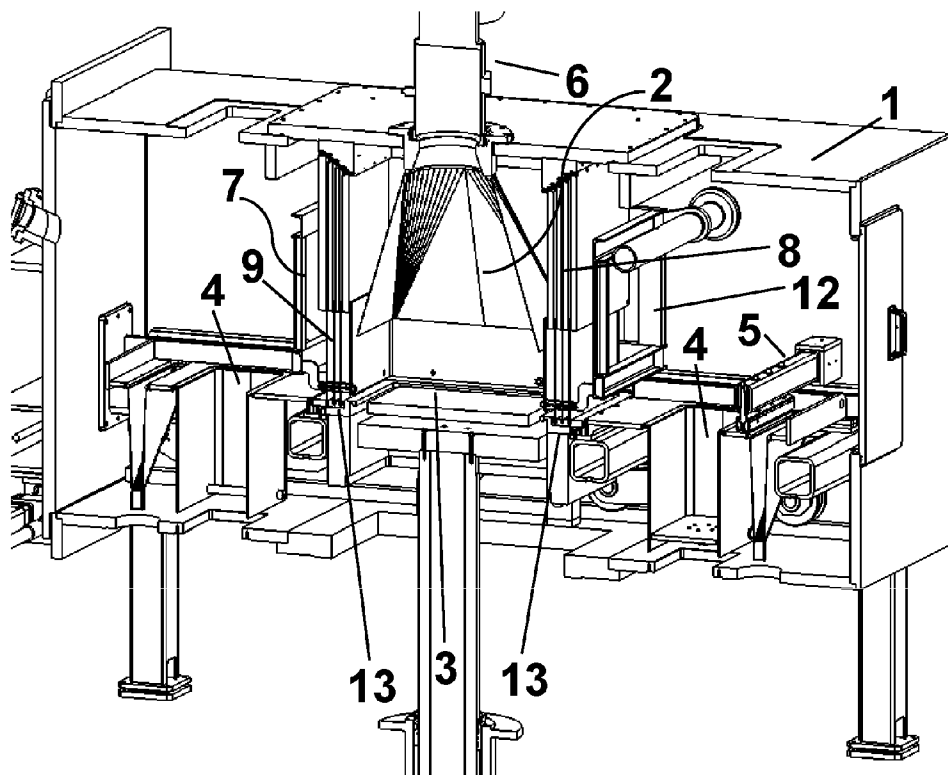


Fig. 4



**Fig. 5**