

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 897 663**

51 Int. Cl.:

B33Y 30/00 (2015.01)
B33Y 40/00 (2010.01)
B22F 10/28 (2011.01)
B22F 10/34 (2011.01)
B22F 10/73 (2011.01)
B22F 12/58 (2011.01)
B22F 12/80 (2011.01)
B29C 64/35 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2013** **E 13178734 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.08.2021** **EP 2832528**

54 Título: **Método y aparato para la recuperación y regeneración de polvo metálico en aplicaciones de EBM**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.03.2022

73 Titular/es:

LIMACORPORATE S.P.A. (100.0%)
Via Nazionale 52, frazione Villanova
33038 San Daniele del Friuli (UD), IT

72 Inventor/es:

REGIS, MARCO y
PRESSACCO, MICHELE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 897 663 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 aparato para la recuperación y regeneración de polvo metálico en aplicaciones de EBM

Campo de aplicación

5 La presente invención se refiere a un método y a un aparato asociado para la recuperación y regeneración de polvos metálicos en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones).

Más en particular, pero no exclusivamente, la invención se refiere a un método para la recuperación y regeneración de polvos metálicos que son capaces de incorporar oxígeno durante el proceso de trabajo al que deben someterse y la descripción a continuación se proporciona con referencia a este ejemplo específico de realización con el único objetivo de simplificar la ilustración del mismo.

10 Incluso más en particular, la invención se refiere al tratamiento de polvos metálicos para a ser usados en aplicaciones de EBM tanto en el sector biomédico como en el sector aeronáutico con el fin de obtener componentes hechos de titanio o aleaciones del mismo, tales como Ti64 (Ti-6Al-4V), o cobalto-cromo (CoCrMo) o también magnesio y aleaciones del mismo.

Técnica anterior

15 Como es bien conocido en este sector técnico específico, durante los últimos años una tecnología para realizar la fusión usando haces de electrones, conocida como EBM (Fusión por Haz de Electrones), ha llegado a estar cada vez más establecida, esta tecnología que se usa para producir objetos o componentes tridimensionales semiacabados empleando polvos metálicos. Esta tecnología se describe, por ejemplo, en la solicitud de patente PCT N° WO2011/008143 en nombre la empresa sueca Arcam.

20 El documento EP2156941 (A1) se refiere a un filtro para un separador giratorio, producido usando un proceso de fusión por haz de electrones, comenzando desde un polvo hecho del mismo material que una parte de filtrado porosa a ser formada, por ejemplo, a partir de una aleación de titanio; sobre la base de un modelo tridimensional que comprende una estructura celular que define la parte de filtrado porosa, se aplican capas posteriores de polvo y se funden localmente, para formar secciones sucesivas de la parte de filtrado porosa; al final del proceso de formación, el polvo residual se evacua desde los poros.

25 El documento US2009169664 (A1) se refiere a un método para formar objetos tridimensionales mediante sinterización láser que incluye el uso de transporte neumático de fase densa para reciclar internamente el polvo de desbordamiento y para mezclar minuciosamente el polvo de desbordamiento, recuperado y virgen para proporcionar una mezcla de alimentación de polvo consistente a una máquina de sinterización láser; el polvo de desbordamiento de la máquina de sinterización láser se recupera y se recicla de nuevo en la máquina de sinterización láser para su reutilización.

La tecnología láser de EBM usa un haz de electrones enfocado según principios ya desarrollados en el sector de tecnologías de producción de aditivos, conocida por ejemplo como fabricación aditiva, y explota las propiedades de algunos polvos metálicos que se pueden sinterizar cuando se golpean por el haz de electrones antes mencionado.

35 Los polvos metálicos de partida son esenciales para el resultado exitoso del proceso de sinterización. Se almacenan en depósitos que están asociados con las máquinas de EBM y de las que se toman cantidades predeterminadas de polvos siempre que se repiten las operaciones de fusión.

40 Normalmente, se toma una cantidad predefinida de polvo del depósito y se distribuye sobre un área de trabajo de la máquina de EBM. Las áreas de trabajo pueden ser muy diferentes unas de otras dependiendo del tipo de artículo a ser sinterizado, pero con los propósitos de la presente invención, se puede considerar que estas áreas tienen una forma sustancialmente similar a una placa y que los objetos tridimensionales se forman en capas superpuestas.

45 La energía de fusión toma la forma de un haz de electrones que golpea el área de trabajo; además, con el fin de permitir una ejecución óptima del proceso, el proceso de trabajo se debe llevar a cabo bajo condiciones de vacío atmosférico con el fin de evitar un posible desenfoque del haz de electrones siguiente a la interacción del mismo con las moléculas de la atmósfera.

También se debería observar que el bombardeo con electrones carga electrostáticamente el polvo metálico usado durante el procesamiento y es indispensable que la capa a ser fundida deba ser compacta y se adhiera a la superficie subyacente, con el fin de evitar la formación de nubes de partículas cargadas que podrían moverse hacia la fuente del haz que tiene una polaridad opuesta.

50 Con el fin de evitar que los polvos lleguen a ser cargados electrostáticamente, el proceso prevé un paso intermedio entre la distribución del polvo sobre el área de trabajo y la fusión de dicho polvo.

Este paso intermedio prevé que el polvo distribuido sobre el área de trabajo se caliente ligeramente con el fin de formar una capa ya sinterizada débilmente, los polvos de esta capa que no se ven afectados por los fenómenos electrostáticos antes mencionados.

5 Al final de cada proceso de trabajo, los objetos sinterizados por fusión tridimensionales se anidan dentro de bloques formados por polvos sinterizados más débilmente. Los objetos se deben liberar primero de los polvos, por ejemplo, por medio de un chorro de aire comprimido especial, con el resultado de que los polvos en exceso, o polvos a ser considerados como residuos de procesamiento para tratamiento de regeneración químico/físico externo posterior, se recuperarán en un aparato conocido como Sistema de Recuperación de Polvo (PRS).

10 Este aparato comprende una cámara de limpieza equipada con una boquilla móvil que emite el chorro de aire comprimido y un sistema para realizar la recirculación con filtrado posterior de los polvos; todo esto es similar a una máquina de chorro de arena convencional. El suministro de polvos en el chorro de aire comprimido facilita las operaciones de limpieza por erosión.

15 El aire comprimido que se emite desde la boquilla libera y retira las partículas de polvo sinterizado débilmente que rodean los objetos sinterizados por fusión y estas partículas también se filtran con el fin de eliminar las partes con un tamaño de partícula más pequeño (potencialmente un riesgo de incendio) y se reintroduce en la cámara de limpieza con el fin de aumentar el efecto de erosión del chorro de suministro de polvo.

Mediante el sistema PRS también es posible recuperar los polvos de residuos que, una vez filtrados con un tamiz con el fin de eliminar cualquier impureza, se pueden reutilizar para el proceso de EBM.

El proceso actual de uso de polvos para un proceso de EBM prevé los siguientes pasos:

- 20
- cargar un lote predeterminado de polvo en el aparato de EBM;
 - usar el polvo para la producción de objetos tridimensionales sinterizados por fusión;
 - al final de cada operación de procesamiento, recuperación del polvo sinterizado y carga de los mismos en los depósitos de la máquina.

Esta secuencia de pasos continúa ininterrumpidamente hasta que se haya usado todo el polvo del lote.

25 Los problemas descritos anteriormente son comunes a todas las aplicaciones de EBM, pero son particularmente evidentes cuando se usan polvos de titanio, o sus aleaciones, o se usan polvos de cobalto-cromo, magnesio y similares en un proceso de EBM.

De hecho, con referencia únicamente al ejemplo del titanio, se ha observado que, siempre que se reutiliza polvo de titanio, el contenido de oxígeno en el polvo residual aumenta significativamente.

30 Este fenómeno se debe a la presencia de moléculas atmosféricas residuales en la cámara de fusión y, en particular, se debe a la presencia de vapor de agua.

35 A las temperaturas de proceso (aproximadamente 720°C), las moléculas de agua se descomponen en hidrógeno y oxígeno y, debido a la afinidad particular del titanio para este último elemento, que se incrementa por la alta temperatura a la que se exponen las partículas sinterizadas y su alta reactividad, es decir, a la energía superficial, que es mucho más alta que la del material compacto (o voluminoso), el oxígeno se absorbe fácilmente en la superficie de los polvos.

Esto da como resultado una oxidación gradual de los polvos de partida, dado que el polvo sinterizado débilmente con un contenido de oxígeno más alto se introduce de nuevo en los depósitos de la máquina para la reutilización del mismo.

40 El aumento gradual del porcentaje de oxígeno en los polvos de EBM tiene dos efectos negativos que tienen graves consecuencias:

- 45
- modificación gradual de la composición de los objetos metálicos sinterizados, que puede dar lugar a la producción de material que no es conforme desde el punto de vista de la composición química, considerando los límites impuestos por las regulaciones (en general es deseable que el producto acabado no debiera tener un porcentaje de oxígeno mayor que el límite antes mencionado, por ejemplo, 0,2% para Ti6Al4V;
 - falta de uniformidad del proceso de fusión, dado que los parámetros de gestión de haz de electrones establecidos para una ejecución óptima del proceso se pueden someter a algunas variaciones importantes dependiendo de la composición química del polvo de partida.

50 De hecho, se debe considerar que, con el fin de fundir un polvo con un contenido de oxígeno más alto, es necesario establecer una mayor cantidad de energía a ser impartida al haz de electrones, y esta mayor cantidad de energía a

ser suministrada puede dar como resultado la necesidad de modificar los parámetros para cada ciclo de operación del sistema para asegurar la correcta fusión del material. Esto da lugar a muchas complicaciones durante la programación del aparato destinado a aplicaciones de EBM.

5 Además, esto obviamente limita la reutilización de los polvos solamente a unos pocos ciclos y requiere una reposición continua de las máquinas con polvo nuevo, lo que da como resultado costes decididamente más altos.

El problema técnico que forma la base de la presente invención es el de idear un método y un aparato asociado que tenga características funcionales y estructurales respectivas tales que permitan la recuperación y regeneración eficaz de polvos metálicos en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones), gestionando en particular reducir o eliminar el contenido de oxígeno de estos polvos.

10 Otro objeto de la presente invención es permitir la regulación y el control sobre el contenido de oxígeno en el lote de polvos metálicos usados para la producción dentro del aparato de EBM.

15 Un objeto adicional de la presente invención es reducir al mínimo la provisión de nuevos lotes de polvo metálico, permitiendo la recuperación y regeneración de los polvos de procesamiento para una pluralidad de ciclos, mientras que se mantiene el contenido de oxígeno por debajo de un valor umbral predeterminado o, en cualquier caso, dentro de un intervalo estable de valores predeterminado.

Compendio de la invención

20 La solución propuesta que forma la base de la presente invención es la de proporcionar un paso intermedio en el que sea posible realizar un relleno o al menos una reposición parcial con polvos ELI que posean un contenido de oxígeno bajo predeterminado en un punto de acceso de la ruta de recuperación de polvo, por ejemplo, dentro de la cámara de limpieza en la que los polvos sinterizados débilmente que rodean los objetos tridimensionales obtenidos por medio de fusión EBM se erosionan por medio de chorro de arena.

25 En otras palabras, la idea subyacente a la invención prevé tratar los polvos sinterizados débilmente, que tienen un contenido de oxígeno más alto, mezclándolos minuciosamente con polvos que tienen un contenido de oxígeno más bajo, para obtener polvos en los que el contenido de oxígeno se restaura a un valor inicial o en cualquier caso se encuentra por debajo de un umbral deseado o un intervalo deseado.

30 Esta mezcla, a la que se hará referencia a continuación como "mezcla de regeneración", se obtiene introduciendo polvos ELI con un contenido de oxígeno bajo predeterminado en un punto accesible a lo largo del ruta para la recuperación posterior a la fusión de los polvos sinterizados débilmente, por ejemplo, incluso ya dentro de la cámara de limpieza donde los polvos sinterizados débilmente que rodean los objetos tridimensionales obtenidos por medio de fusión EBM se chorrean con arena.

Además, con el fin de evitar contaminar los polvos con contaminantes procedentes de la cámara de limpieza/chorro de arena y con el fin de facilitar la operación de mantenimiento de un contenido de oxígeno bajo en los polvos, también se prevé proporcionar un aparato de regeneración de polvo en el que la cámara de limpieza/chorro de arena está hecha con los mismos materiales metálicos que los polvos metálicos usados en el procesamiento de EBM.

35 En particular, en el contexto de la presente invención, las paredes y los componentes de la cámara de limpieza/chorro de arena están hechos del mismo material metálico que los componentes hechos por medio de tratamiento de EBM, esto es, titanio o aleaciones del mismo, cobalto-cromo o magnesio y aleaciones del mismo.

40 Sobre la base de la solución propuesta antes mencionada, el problema técnico se resuelve mediante un método para la recuperación y regeneración de polvos metálicos en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones), según las características de la reivindicación 1.

Ventajosamente, el suministro de dichos polvos metálicos ELI con un contenido de oxígeno bajo predeterminado se realiza directamente dentro de dicha cámara de limpieza.

El problema técnico también se resuelve mediante un aparato para la recuperación y regeneración de polvos metálicos en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones) según la reivindicación 8.

45 En una realización preferida, el acceso a dicha ruta de recuperación se realiza directamente dentro de dicha cámara de limpieza.

Ventajosamente, la cámara de limpieza por chorro de arena está formada con paredes hechas del mismo material metálico que los polvos metálicos de los que están hechos dichos objetos.

50 Más en particular, las paredes mencionadas están hechas de titanio o aleaciones del mismo, cobalto-cromo o magnesio y aleaciones del mismo dependiendo de los polvos usados para producir los objetos obtenidos por medio de fusión EBM.

Los rasgos característicos y las ventajas del método y el aparato según la presente invención surgirán a partir de la descripción en lo sucesivo, de un ejemplo de realización, proporcionado a modo de ejemplo no limitante, con referencia a los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

- 5 - La Figura 1 muestra una vista esquemática de un aparato para regenerar polvos metálicos en aplicaciones de EBM, realizado según la presente invención;
- La Figura 2 muestra una vista esquemática de una variación de realización del aparato según la Fig. 1.

Descripción detallada

10 Con referencia a estas figuras, 1 denota en conjunto y muestra de forma esquemática un aparato para la regeneración de polvos metálicos en aplicaciones de EBM, realizado según la presente invención y, en particular, para implementar el método según la presente invención.

15 El aparato 1 puede definirse como un todo como un sistema para la recuperación de los polvos o el Sistema de Recuperación de Polvos (PRS) que normalmente está asociado con o dispuesto aguas abajo del aparato de EBM (Fusión por Haz de Electrones) para sinterizar por medio de Fusión por Haz de Electrones de objetos tridimensionales usando polvos metálicos.

En particular, pero no exclusivamente, los polvos metálicos pueden ser polvos de titanio o aleaciones del mismo tales como Ti64 (Ti-6Al-4V), o polvos de cobalto-cromo molibdeno (CoCrMo) o también magnesio y aleaciones del mismo. El material metálico del polvo no representa una limitación de los derechos del Solicitante.

20 Los objetos o componentes tridimensionales obtenidos por medio de fusión por haz de electrones pueden estar destinados al sector biomédico, por ejemplo, para ortopedia artroprotésica, o en el sector aeronáutico o aeroespacial sin que esto represente ninguna limitación de los derechos del Solicitante.

El aparato 1 comprende una cámara de limpieza por chorro de arena 2 y un sistema de recuperación y recirculación de polvo, denotado en conjunto mediante 3, que incorpora unos medios de filtro de polvo 4.

25 Como un todo, el aparato 1 comprende una ruta de tratamiento de polvo que también incluye la cámara de limpieza 2.

Ventajosamente, según la presente invención, se prevé suministrar los mismos polvos a partir de los cuales se hacen los objetos tridimensionales sinterizados en un punto de acceso a lo largo de la ruta de tratamiento. En lo sucesivo veremos qué puntos de acceso a lo largo de la ruta de tratamiento han demostrado ser muy convenientes a la luz de los experimentos llevados a cabo por el Solicitante.

30 Como ya se ha mencionado anteriormente, la cámara de limpieza 2 está dotada internamente con al menos una boquilla móvil situada al final de un tubo flexible, no mostrado en el sentido convencional. Se emite un chorro de aire comprimido desde esta boquilla con el suministro de polvo con el fin de aumentar la capacidad de erosión de la boquilla en sí misma.

35 La cámara de limpieza 2 es similar a una máquina de chorro de arena en la que el aire comprimido emitido desde la boquilla se libera por medio de la erosión y retira las partículas de polvo sinterizado débilmente que rodean los objetos sinterizados por fusión.

Los objetos tridimensionales sinterizados por fusión se forman en un soporte en forma de placa 5 que se coloca dentro de la cámara de limpieza 2 al final del paso de procesamiento dentro del aparato de EBM y luego se retira antes del inicio del procesamiento con el fin de evitar la contaminación de los polvos.

40 El soporte 5 tiene, definidas sobre el mismo, áreas de trabajo 6 sobre las que se formaron los objetos tridimensionales en capas superpuestas.

En una primera realización de la presente invención se prevé proporcionar un sistema para suministrar los mismos polvos a partir de los cuales se hacen los objetos tridimensionales sinterizados directamente dentro de la cámara 2.

En particular, el aparato 1 también comprende un depósito 7 o recipiente para los polvos metálicos.

45 Este depósito 7 contiene polvos a los que se hará referencia mediante la abreviatura "ELI" que significa "Intersticial Extra Bajo".

50 Además, estos polvos ELI tienen un contenido de oxígeno bajo en comparación con el porcentaje de polvo metálico, que se puede definir como que está en el intervalo de 0,08% a 0,12% en peso, por ejemplo, en el caso de Ti6Al4V. En cualquier caso, estos polvos ELI contienen oxígeno en una cantidad de porcentaje compatible para realizar operaciones de procesamiento de EBM con excelentes rendimientos de producción.

El depósito 7 se conecta a la cámara 2 por medio de una línea de suministro 8 dotada con medios de válvula para introducir cantidades predeterminadas de polvo directamente en el entorno de chorro de arena y aumentando el efecto de erosión del chorro de aire comprimido con suministro de polvo. De esta forma, los polvos metálicos ELI que ya tienen un contenido de oxígeno controlado y preferido se introducen en el entorno de chorro de arena.

- 5 Obviamente, la cámara 2 está sellada de manera sustancialmente hermética y las entradas para el suministro de los polvos desde el depósito 7, el soporte 5 para los objetos así como la salida a los medios de filtro 4 están dotados con aberturas y cierres sellados.

10 Ventajosamente, según la presente invención, la cámara de limpieza por chorro de arena 2 está formada con paredes hechas del mismo material metálico que los polvos metálicos de los que están hechos dichos objetos. Más particularmente, dependiendo de las operaciones de procesamiento de EBM, se prevé proporcionar una cámara de limpieza hecha del mismo material metálico que los componentes producidos por medio de tratamiento de EBM, esto es, titanio o aleaciones del mismo, cobalto-cromo o magnesio y aleaciones del mismo.

En el contexto de la presente descripción se hará referencia a una cámara de limpieza 2 hecha con paredes de titanio.

- 15 En este contexto, por lo tanto, toda la parte de chorro de arena del aparato 1 está hecha de componentes de titanio, esto es, las boquillas y los tubos flexibles que suministran el aire comprimido y los polvos de chorro de arena también están hechos de titanio.

20 La estructura de la cámara de limpieza 2 es de una cierta importancia con los propósitos de la presente invención; no obstante, esta estructura es opcional con relación a la configuración del sistema de recuperación y recirculación de polvo 3 lo que permite expresamente la implementación del método según la presente invención y que se describirá con mayor detalle a continuación. Por lo tanto, la estructura de titanio de la cámara 2 y sus componentes, que están todos hechos del mismo material metálico que los productos producidos por medio de EBM, es de una naturaleza secundaria en comparación con el sistema de recuperación y recirculación de polvo 3, de manera que la invención también se puede implementar con una cámara 2 que tiene una estructura convencional.

- 25 El hecho de tener la cámara de limpieza 2 hecha del mismo material metálico que los polvos de procesamiento hace más fácil de mantener las condiciones óptimas de procesamiento y reduce la contaminación de los polvos.

Ventajosamente, la cámara de limpieza 2 también se mantiene bajo una sobrepresión de gas inerte, preferiblemente nitrógeno (N) o argón (Ar). El chorro emitido por la boquilla de chorro de arena también se forma con el mismo gas comprimido.

- 30 Alternativamente, la cámara 2 se puede mantener bajo una sobrepresión usando aire puro; no obstante, para procesar usando polvos de titanio, aleaciones del mismo u otros polvos metálicos, es preferible, aunque no indispensable, usar gases inertes.

35 Como se ha mencionado anteriormente, con el fin de implementar el método de la presente invención, es de particular importancia la provisión de un sistema particular 3 para la recuperación y recirculación de los polvos metálicos en el que hay una ruta de tratamiento de polvo que comienza desde dicha cámara de limpieza 2.

Esta ruta está dotada con medios de filtro 4 que forman parte del sistema de recuperación y recirculación 3 y están conectados aguas abajo de la cámara de limpieza/chorro de arena para permitir la separación de cualquier partícula y elemento de gran tamaño y/o contaminantes.

- 40 Como se muestra claramente en la Figura 1, es posible prever una conexión A entre la salida de los medios de filtro 4 y la cámara 2 de modo que los polvos ELI se puedan suministrar a la cámara 2 aguas abajo de los medios de filtro 4.

A lo largo de la ruta de tratamiento de polvo también se prevé proporcionar un separador magnético 11 que se coloca aguas abajo del medio de filtro 4, para la extracción de partículas de material magnético del polvo recuperado del entorno de chorro de arena y la máquina de EBM.

- 45 También se proporciona una unidad de tamiz 12 aguas abajo del separador magnético 11 para seleccionar el tamaño de partícula de polvo más apropiado con propósitos de procesamiento. Por medio de la unidad de tamiz es posible filtrar aún más los polvos con el fin de eliminar las partes con un tamaño de partícula más pequeño que son los que representan un riesgo potencial de incendio. La unidad de tamiz 12 descarga en su salida polvos que no se pueden considerar polvos ELI dado que su contenido de oxígeno no es menor que 0,12%, sino como polvos que tienen un contenido de oxígeno controlado, por ejemplo, un máximo de 0,16%. Se hará referencia a estos polvos a continuación por medio de la abreviatura ELI*.

50 Aún con referencia a la Figura 1, esta muestra una segunda conexión B opcional, o más bien una conexión que sustituye a la conexión A, que permitiría el suministro de los polvos ELI* a la cámara 2, pero aguas abajo del separador magnético 11.

Ventajosamente, según la presente invención, se proporciona un primer depósito de almacenamiento temporal 9, dicho depósito que permite el almacenamiento y agitación dentro de él de los polvos metálicos ELI* que se han recuperado del entorno de chorro de arena y que ya han pasado por los medios de filtro 4, el separador magnético 11 y los tamices 12.

5 Usando este primer depósito de almacenamiento temporal 9 es posible evitar la estratificación: además, debido a la presencia del segundo depósito, es posible retirar de este depósito muestras de polvo para un paso de certificación adicional, por ejemplo, un paso para certificar su contenido de oxígeno, sin influir en las operaciones de recuperación y recirculación de polvo.

10 Una tercera conexión C, opcional, que sustituye a las conexiones A o B, se puede proporcionar para permitir el suministro de polvos ELI* al interior de la cámara 2, pero con dichos polvos que se toman del primer depósito de almacenamiento temporal 9 antes mencionado.

Esencialmente, los polvos ELI o ELI* se pueden suministrar a la cámara 2 directamente desde el depósito 7 o desde una de las conexiones A, B o C aguas abajo de los medios de filtro 4, el separador magnético 11 o el depósito de almacenamiento temporal 9, respectivamente.

15 Los polvos ELI* recuperados por medio de las conexiones A, B o C son una mezcla de polvos ELI puros y polvos sinterizados que se mezclan dentro de la ruta de tratamiento y contienen una cantidad de porcentaje de oxígeno predeterminada y controlada. Los polvos ELI o ELI* en cualquier caso se pueden añadir también en otros puntos a lo largo de la ruta distintos del depósito 7, como se muestra claramente a modo de ejemplo también en la Figura 2. En cualquier caso, y según la presente invención, los polvos ELI o ELI* se pueden suministrar a un punto de acceso a lo largo de la ruta de tratamiento de polvo, por ejemplo, aguas abajo de la cámara de limpieza 2, pero aguas arriba de los medios de filtro 4, como se muestra claramente en la variación de la realización mostrada en la Figura 2. También se proporciona un segundo depósito 10, que se puede llamar depósito de almacenamiento final, que está conectado al primer depósito 9 por medio de una línea dotada con medios de válvula 13.

25 Ventajosamente, es precisamente de este segundo depósito 10 que los polvos ELI* se toman con el fin de llevar a cabo la certificación en cuanto a sus propiedades químicas/físicas. Este segundo depósito de almacenamiento temporal 10 se usa para la preparación de lotes homogéneos de polvos con un contenido de oxígeno bajo, por ejemplo, en el caso de Ti6Al4V con un contenido de oxígeno menor que el 0,16% (o en cualquier caso que oscila entre el 0,13 y el 0,16%) que se han de someter a certificación.

30 Esencialmente, el segundo depósito 10 contiene un lote regenerado que se puede usar como lote de materia prima para mantener constante la calidad del sistema de producción de EBM.

Al menos una tolva 15 asociada con uno o más aparatos de EBM que usan los polvos metálicos para sinterizar los objetos tridimensionales se suministra aguas abajo de este segundo depósito 10 a través de medios de válvula. La tolva 15 representa y es equivalente a un depósito de suministro del aparato de EBM.

35 Esencialmente, los polvos regenerados que tienen un contenido de oxígeno que es bajo, pero no tan bajo como el de los polvos ELI, pero lo suficientemente alto para mantener constante la calidad del ciclo de producción continuo, se toman del segundo depósito 10.

Los polvos regenerados de este modo se pueden reutilizar en el proceso y en el aparato de EBM y permitir:

- un rendimiento óptimo de las operaciones de fusión;
- una reutilización virtualmente infinita del mismo lote de polvo hasta que se gaste totalmente; y
- 40 • una consecuente reducción significativa en la cantidad de polvos necesarios para reponer las máquinas.

En una realización alternativa, que se muestra con referencia al ejemplo de la Figura 2, el aparato según la invención puede prever el cierre del ciclo de recirculación de polvo metálico con el suministro y llenado directo del depósito de almacenamiento de polvo ELI 7.

45 En esta configuración mostrada en la Figura 2, el aparato según la invención se denota en conjunto por 20 y prevé que el depósito 7 sea suministrado directamente por el primer depósito de almacenamiento temporal 9. No obstante, también es posible rellenar dicho primer depósito 9 con polvos ELI almacenados en el depósito 7.

Obviamente, también en el caso de esta realización alternativa del aparato según la invención, la medida de fabricar los componentes de la cámara de limpieza 2 usando los mismos materiales metálicos que los polvos metálicos usados para procesar, en particular titanio, se puede adoptar más o menos.

50 Como resultado del aparato según la invención, en sus realizaciones alternativas, es posible introducir componentes a ser chorreados con arena directamente en la cámara de chorro de arena 2 y se puede realizar la certificación del lote de polvo regenerado dentro del segundo depósito 10 una vez que se ha completado el proceso de limpieza, recuperación, filtrado y reciclaje.

Ahora, aún con referencia a las figuras del ejemplo de realización del aparato 1 o 20 según la invención, se describirán los pasos de implementación del método para regenerar polvos metálicos según la presente invención.

5 Con el fin de ilustrar más claramente los pasos del método se hará referencia a una serie de fórmulas empíricas que permiten el cálculo de la cantidad de polvo con un contenido de oxígeno bajo a ser añadido al polvo recuperado dentro de la cámara de limpieza 2.

El método de regeneración de polvo según la presente invención prevé suministrar a la ruta de tratamiento de polvo o directamente a la cámara de limpieza 2 del aparato 1 o 20 una cantidad predeterminada de polvo ELI (Intersticial Extra Bajo) que tiene un contenido de oxígeno bajo, normalmente menor que el 0,12%.

10 Suministrando al aparato 1 o 20 polvos que ya tienen un contenido de oxígeno bajo deseado, es posible asegurar el control ya del paso de recuperación por medio de erosión de los polvos sinterizados débilmente dentro de la cámara de limpieza 2.

No obstante, es necesario tener en cuenta inicialmente que el primer paso de procesamiento y sinterización de los polvos metálicos se lleva a cabo en un aparato de EBM que ya se suministra con un primer lote de polvo ELI* con un contenido de oxígeno controlado, por ejemplo, para Ti6Al 4V al menos menor que el 0,17%.

15 Con todo este lote de polvo inicial cargado en el aparato de EBM, al final del procesamiento, el material producido, incluyendo los objetos obtenidos por medio de fusión y los polvos sinterizados débilmente que los rodean, se carga dentro del aparato de PRS 1 o 20.

Una cantidad de polvo ELI tomado del depósito 7 y correspondiente al peso de los componentes hechos se añade entonces expresamente, según la invención, dentro de la cámara de limpieza 2.

20 El procedimiento continúa luego con las operaciones de chorro de arena durante las cuales el polvo erosionado se recupera por el sistema de recuperación y recirculación 3 y filtra o trata por los diversos componentes 4, 11 y 12.

Los polvos recuperados de este modo se recogen dentro del primer depósito de almacenamiento temporal 9.

25 Eligiendo tener dos depósitos de almacenamiento temporal 9 y 10 es posible asegurar una operación continua, realizando la mezcla de los polvos dentro de la cámara de chorro de arena 2 y recogiéndolos inicialmente dentro del primer depósito de almacenamiento temporal 9.

Cuando el segundo depósito de almacenamiento temporal 10 está vacío, se hace fluir todo un lote del polvo contenido en el primer depósito de almacenamiento temporal 9, a través de los medios de válvula 13, hacia el segundo depósito 10, que luego se aísla, cerrando el circuito de suministro.

30 Debido a este rasgo particular, es posible formar dentro del segundo depósito 10 un lote de polvos regenerados que es completamente nuevo y diferente y puede someterse a certificación.

Una vez que se ha gastado o casi gastado todo el lote de polvos metálicos dentro del aparato de EBM destinado a la producción de los objetos tridimensionales, la tolva 15 que contiene el lote de polvo se rellena con los polvos regenerados contenidos dentro del segundo depósito de almacenamiento temporal 10 del aparato 1 o 20.

Si "x" indica la cantidad de polvo ELI, entonces la siguiente ecuación es aplicable a la misma:

$$x = kg_{ELI}TOT - kg_{ELI} \text{añadido} \quad [1]$$

35 donde:

$kg_{ELI}añadido$ representa la cantidad, en kilogramos, de polvos ELI añadidos durante todos los pasos de producción llevados a cabo hasta ese momento,

y

40 $kg_{ELI}TOT$ se puede definir por medio de una ecuación obtenida durante las pruebas:

$$kg_{ELI}TOT = \left(\frac{1}{O_A - O_{ELI}} \right) \cdot \left[B \cdot \left(\frac{\sum_{j=1}^i (B_j \cdot \frac{O_j}{0,64})}{B} \right) + L \cdot \left(\sum_{j=1}^i 0,010156 \cdot O_j \right) \right] - \left(\frac{O_A}{O_A - O_{ELI}} \right) \cdot (B + L)$$

en donde:

O_A representa la cantidad de porcentaje inicial de oxígeno en el lote usado;

O_{ELI} representa la cantidad de porcentaje de oxígeno en el lote ELI usado para la regeneración;

5 O_J representa la cantidad de porcentaje de oxígeno en el material fundido durante el paso de procesamiento de EBM de orden j ;

B representa la cantidad de polvo sinterizado débilmente chorreado con arena dentro de la cámara de limpieza;

L representa la cantidad de polvo sinterizado producido y recuperado por medio de la ruta de tratamiento que también incluye la cámara de limpieza 2.

10 Como resultado del paso de recuperación y recirculación es posible obtener una cantidad o lote predefinido de polvo regenerado que, una vez que alcanza el segundo depósito de almacenamiento temporal 10, se puede certificar con la realización de un análisis químico completo durante el cual se comprueba que el valor de la cantidad de porcentaje de oxígeno en los polvos recuperados corresponde al contenido de oxígeno del polvo inicial antes de su uso en la máquina de EBM, esto es, que se encuentra dentro de un intervalo de valores de entre el 0,12 y el 0,16%.

15 Si la cantidad x calculada por medio de la fórmula [1] tiene un valor negativo, entonces y solo entonces es posible añadir una cantidad de polvo con un contenido de oxígeno más alto igual a y , definido por la siguiente ecuación obtenida por medio de la regla de la palanca:

$$y = \frac{kg_{MIX} \cdot (O_A - O_{MIX})}{O_y - O_A}$$

en donde:

O_{MIX} representa la cantidad de porcentaje de oxígeno en el lote regenerado;

20 Q_Y representa la cantidad de porcentaje de oxígeno en el lote con un contenido de oxígeno más alto; y

kg_{MIX} representa la cantidad, en kilogramos, del lote regenerado.

25 En consecuencia, a la luz de las consideraciones anteriores, está claro que el método según la presente invención ofrece la principal ventaja de permitir la ejecución correcta de las operaciones de gestión y regeneración de polvo metálico, permitiendo un control total sobre el contenido de oxígeno de los polvos y asegurando las operaciones de procesamiento con un mayor rendimiento.

Las variantes 1 y 20 del aparato que permiten la implementación del método difieren en términos de los puntos a lo largo de la ruta de tratamiento o la etapa donde se añade el polvo ELI o ELI* con contenido de oxígeno bajo, esto es, aguas arriba o aguas abajo del proceso de recuperación y filtrado del polvo sinterizado débilmente.

30 Un experto en la técnica también puede apreciar cómo se puede modificar la secuencia de operaciones de filtrado, separación de partículas magnéticas y tamizado dependiendo de los requisitos de producción y del sistema de recirculación de polvo.

Con el método y aparato según la invención es posible introducir componentes a ser chorreados con arena también directamente en la cámara de chorro de arena y se puede realizar la certificación del lote de polvo regenerado una vez que se ha completado el proceso de recuperación y regeneración.

35

REIVINDICACIONES

1. Un método para la recuperación y regeneración de polvos metálicos en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones), que comprende un paso para recuperación de polvos sinterizados débilmente dentro de una cámara de limpieza (2) que incluye al menos una boquilla de aire comprimido para suministrar polvo para chorrear con arena objetos tridimensionales obtenidos por medio de sinterización de EBM de dichos polvos metálicos, en donde se incluye una ruta (3) para la recuperación y regeneración de dichos polvos, dicha ruta (3) que comprende al menos un primer depósito de almacenamiento temporal (9) dentro del cual se depositan los polvos regenerados, y en donde los polvos metálicos (ELI, ELI*) con un contenido de oxígeno predeterminado de menos del 0,12% en peso se suministran en un punto de acceso a lo largo de dicha ruta de recuperación y regeneración (3), y en donde un segundo depósito de almacenamiento temporal (10) se conecta aguas abajo de y suministra por el primer depósito de almacenamiento temporal (9) para rellenar una o más tolvas o depósitos (15) de un aparato de sinterización de EBM correspondiente, y en donde los polvos regenerados de dicho segundo depósito de almacenamiento temporal (10) se someten a certificación del porcentaje de contenido de oxígeno.
2. El método según la reivindicación 1, en donde el suministro de dichos polvos metálicos (ELI) con dicho contenido de oxígeno predeterminado se realiza directamente dentro de dicha cámara de limpieza (2).
3. El método según la reivindicación 1, en donde dicha cámara de limpieza por chorro de arena (2) está formada con paredes hechas del mismo material metálico que los polvos metálicos de los que están hechos dichos objetos.
4. El método según la reivindicación 3, en donde dichas paredes están hechas de titanio o aleaciones del mismo, cobalto-cromo o magnesio y aleaciones del mismo dependiendo de los polvos usados para producir los objetos obtenidos por medio de EBM.
5. El método según la reivindicación 4, en donde se prevé que toda la parte de chorro de arena de dicha cámara de limpieza (2) esté hecha con metales correspondientes a los polvos de los objetos producidos, incluyendo dicha al menos una boquilla y un tubo flexible asociado.
6. El método según la reivindicación 1, en donde dicha cámara de limpieza (2) se mantiene bajo una sobrepresión de gas inerte y en que el chorro emitido por la boquilla de chorro de arena se forma con el mismo tipo de gas inerte comprimido.
7. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde los polvos regenerados tienen un contenido de oxígeno que se encuentra dentro del intervalo de valores de entre 0,12% y 0,16% en peso.
8. Un aparato (1) para la recuperación y regeneración de polvo metálico en aplicaciones de EBM (Fusión por Haz de Electrones), en el que se proporciona: una cámara de limpieza (2) que incluye al menos una boquilla de aire comprimido para el suministro de polvo para chorrear con arena objetos tridimensionales obtenidos por medio de sinterización de EBM de dichos polvos metálicos y para la recuperación de polvos sinterizados débilmente; una ruta (3) para recuperación de dichos polvos sinterizados débilmente aguas abajo de dicha cámara (2) y que incorpora medios de filtro (4), el aparato que comprende además un punto de acceso a lo largo de dicha ruta de recuperación (3) para suministrar polvos metálicos (ELI, ELI*) con un contenido de oxígeno predeterminado de menos que el 0,12% en peso y al menos un primer depósito de almacenamiento temporal (9) dentro del cual se depositan los polvos recuperados, caracterizado por que comprende un segundo depósito de almacenamiento temporal (10) conectado aguas abajo y suministrado por el primer depósito de almacenamiento temporal (9) para el almacenamiento temporal de polvos regenerados que se han de someter a certificación.
9. El aparato según la reivindicación 8, caracterizado por que dicho acceso se realiza directamente dentro de dicha cámara de limpieza (2).
10. El aparato según la reivindicación 9, caracterizado por que dicha cámara de limpieza por chorro de arena (2) está formada con paredes hechas del mismo material metálico que los polvos metálicos de los que están hechos dichos objetos.
11. El aparato según la reivindicación 10, caracterizado por que dichas paredes están hechas de titanio o aleaciones del mismo, cobalto-cromo o magnesio y aleaciones del mismo dependiendo de los polvos usados para producir los objetos obtenidos por medio de EBM.
12. El aparato según la reivindicación 11, caracterizado por que toda la parte de chorro de arena del aparato (1) está hecha con componentes hechos de metales correspondientes a los polvos de los objetos producidos, incluyendo dicha al menos una boquilla y el tubo flexible asociado.
13. El aparato según la reivindicación 12, caracterizado por que incluye medios para mantener dicha cámara de limpieza (2) bajo una sobrepresión de gas inerte, y por que la boquilla de chorro de arena está configurada para emitir un chorro formado con el mismo tipo de gas inerte comprimido.

14. El aparato según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13, en donde los polvos regenerados tienen un contenido de oxígeno que se encuentra dentro de un intervalo de valores de entre el 0,12% y 0,16% en peso.

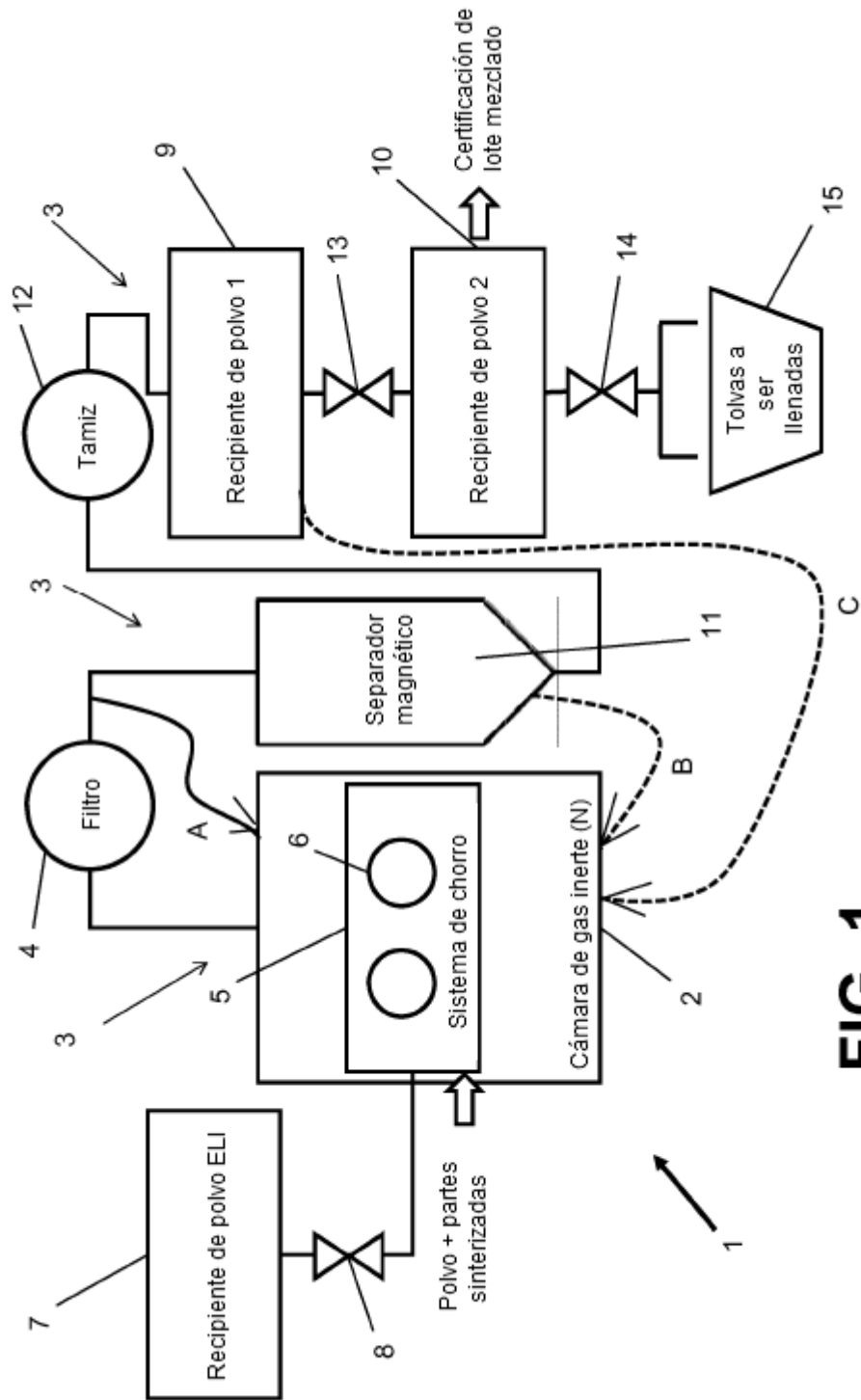


FIG. 1

