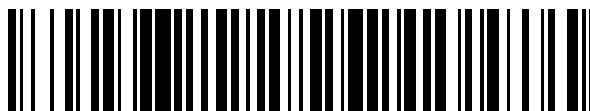


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 163**

51 Int. Cl.:

B22F 3/105 (2006.01)

B33Y 10/00 (2015.01)

B33Y 30/00 (2015.01)

B33Y 50/02 (2015.01)

B23K 26/342 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.03.2016** **PCT/EP2016/000502**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.10.2016** **WO16155871**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.03.2016** **E 16713734 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019** **EP 3277452**

54 Título: **Proceso para la producción por capas de una pieza de trabajo metálica mediante fabricación aditiva asistida por láser**

30 Prioridad:

31.03.2015 EP 15000936

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

29.07.2019

73 Titular/es:

LINDE AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Klosterhofstrasse 1
80331 München, DE

72 Inventor/es:

FORET, PIERRE

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 721 163 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

Proceso para la producción por capas de una pieza de trabajo metálica mediante fabricación aditiva asistida por láser

- 5 La invención se refiere a un proceso para la producción por capas de una pieza metálica mediante fabricación aditiva asistida por láser, en particular mediante fusión por láser en una cámara de fabricación.

Estado de la técnica

- 10 En el transcurso de los procesos de fabricación generativa o aditiva, un objeto o una pieza de trabajo tridimensional se puede fabricar capa por capa a partir de un material metálico. La pieza fabricada se compone de diferentes capas metalúrgicas, que en el transcurso del proceso de fabricación aditiva se producen una tras otra. Para cada una de estas capas metalúrgicas de la pieza de trabajo, el material metálico puede aplicarse, por ejemplo, en forma de polvo y solidificarse. Con esta finalidad, se puede aplicar un rayo láser y/o de electrones al material aplicado. De esta manera, el material se puede someter, por ejemplo, a un proceso de sinterización o fusión, con lo que el material se solidifica. Después de la creación de una capa metalúrgica, la siguiente capa se puede crear de forma similar.

- 15 Dependiendo del campo de aplicación, los procesos de fabricación aditiva también reciben el nombre de prototipado rápido. En el transcurso del prototipado rápido se pueden fabricar, por ejemplo, herramientas, piezas de trabajo o componentes para diferentes propósitos. Los procesos de fabricación aditiva se pueden utilizar en diversos campos, por ejemplo, en arquitectura, ingeniería industrial, navegación aérea y espacial, en la técnica médica o en la industria del automóvil.

Un proceso de fabricación aditiva muy conocido es la fusión por láser (en inglés: Laser Melting o Laser Sintering, LS). Una placa portadora, sobre la que se forma capa por capa una pieza de trabajo a producir, se dispone en la mayoría de los casos en una cámara de fabricación. Todo el proceso de fabricación tiene lugar en esta cámara de fabricación. Por ello, la fusión por láser también se define como tecnología de cámara.

- 25 La cámara de fabricación suele estar cerrada en sí misma. En la cámara de fabricación se puede introducir una atmósfera de gas con una composición determinada. En función de la composición elegida de la atmósfera de gas en la cámara de fabricación, se puede influir en el material metálico.

- 30 Si se seleccionan gases inertes para la atmósfera de gas, no se produce ninguna reacción con el material metálico. Sin embargo, para la atmósfera de gas también se pueden utilizar gases reactivos, que pueden reaccionar con el material metálico. Por lo tanto, mediante la elección de la atmósfera de gas se pueden cambiar las propiedades metalúrgicas de la pieza de trabajo.

El documento EP 2 774 703 A1 revela un método para la regulación de un proceso de fabricación aditiva en el que se controla el contenido de oxígeno en la cámara de fabricación. El documento US 2014/0140882 revela un método para la regulación de un proceso de fabricación aditiva que utiliza gases reactivos para la atmósfera de gas.

- 35 Con los procesos de fabricación aditiva del tipo descrito, a menudo existe el riesgo de que se formen poros en la pieza de trabajo.

Por lo tanto, es deseable mejorar un proceso correspondiente en el sentido de que se pueda fabricar una pieza de trabajo sin poros.

Revelación de la invención

- 40 Esta tarea se resuelve mediante un proceso para la producción capa por capa de una pieza de trabajo mediante la fabricación aditiva asistida por láser, en particular la fusión por láser, con las características de la reivindicación 1. Otras formas de realización ventajosas son objeto de las respectivas reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción.

- 45 La fusión por láser se lleva a cabo en una cámara de fabricación. La pieza fabricada se compone de diferentes capas metalúrgicas, que se producen una tras otra. Cada una de las capas metalúrgicas de la pieza de trabajo se produce proporcionando un material metálico para cada capa metalúrgica y aplicando un rayo láser. Esto tiene lugar bajo una atmósfera de gas en la cámara de fabricación.

- 50 Por lo tanto, el proceso según la invención parte de un procedimiento conocido en el que se producen capas metalúrgicas de una pieza de trabajo, proporcionando en una cámara de fabricación para cada capa metalúrgica respectivamente un material metálico y aplicando un rayo láser, generando además una atmósfera de gas en la cámara de fabricación durante la exposición de las capas del material metálico.

- 55 Las distintas capas metalúrgicas presentan especialmente un grosor del orden de 20 μm a 100 μm . El material metálico se puede aplicar, por ejemplo, en forma de polvo o en forma de varilla o de tira. La pieza de trabajo a producir se dispone en especial en una placa de soporte. Después de crear una capa metalúrgica, la placa de soporte se baja en la medida del grosor de la capa creada y la siguiente capa se crea de la misma manera. La placa de soporte se dispone especialmente en la cámara de fabricación.

El rayo láser se puede irradiar, por ejemplo, desde el exterior en la cámara de fabricación, siendo también posible disponer un cabezal láser correspondiente en la cámara de fabricación. El rayo láser se puede controlar especialmente por medio de una unidad de control. En esta unidad de control se pueden almacenar datos, por ejemplo datos CAD, que caracterizan la pieza a producir. La unidad de control puede activar el rayo láser basado en estos datos y desplazarlo sobre la placa de soporte.

Se ha comprobado que los productos fabricados con los procesos conocidos de este tipo presentan a veces poros en su interior. En los ensayos anteriores a la presente invención se ha detectado como una de las causas de estos poros la inclusión de oxígeno en o entre las capas metalúrgicas. Los inventores han identificado esencialmente dos fuentes de este oxígeno no deseado: por un lado, el oxígeno penetra en la cámara de fabricación a través de fugas, por otro lado, el material metálico, del que se fabrica pieza de trabajo, puede contener óxidos que liberan oxígeno.

También se ha demostrado que la proporción de vapor de agua en la atmósfera de gas aumenta con el tiempo. El aumento del contenido de vapor de agua también se debe al oxígeno no deseado.

Por esta razón, la invención prevé que una parte de la atmósfera de gas se retire de la cámara de fabricación como corriente de gas. Se determinan uno o más parámetros de la corriente de gas y/o de la atmósfera de gas y se comparan con un valor teórico. Por ejemplo, se puede determinar el contenido de vapor de agua de la corriente de gas o el contenido de vapor de agua de la atmósfera de gas en la cámara de fabricación y compararlo con un valor teórico predeterminado.

Dependiendo del resultado de la comparación del parámetro con el valor teórico, la corriente de gas se devuelve a la cámara de fabricación por completo, parcialmente o no se devuelve. Por el contrario, dependiendo del resultado de la comparación del parámetro con el valor teórico, se suministra un gas de proceso a la cámara de fabricación. En el ejemplo anterior, si el contenido de vapor de agua medido difiere del valor teórico, por ejemplo, si el contenido de vapor de agua es demasiado alto, parte de la corriente de gas ya no se devuelve a la cámara de fabricación, sino que se rechaza o se utiliza para otros fines. En lugar de la corriente de gas rechazada, se introduce en la cámara de fabricación un gas de proceso, por ejemplo, una corriente de argón inerte. Según la invención, se aporta tanto gas de proceso como para que la presión en la cámara de proceso se mantenga constante. De este modo se mantienen unas condiciones estables en la cámara de proceso.

Con preferencia se determinan uno o más de los siguientes parámetros de la corriente de gas extraída de la cámara de fabricación: contenido de vapor de agua, contenido de oxígeno, contenido de carbono o su temperatura. Alternativa o adicionalmente se determinan uno o más de los siguientes parámetros de la atmósfera de gas en la cámara de fabricación: contenido de vapor de agua, contenido de oxígeno, contenido de carbono o su temperatura.

Para una o más de las capas metalúrgicas de la pieza de trabajo se puede utilizar respectivamente una composición de gas de una atmósfera de gas en la cámara de fabricación. Sin embargo, la composición del gas también se puede cambiar después de la producción de una o más capas metalúrgicas. Como consecuencia de la respectiva composición del gas de la atmósfera de gas en la cámara de fabricación también se cambian las propiedades metalúrgicas de las respectivas capas metalúrgicas de la pieza de trabajo. La composición de gas para las capas metalúrgicas se selecciona preferiblemente de manera que las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas adyacentes de la pieza de trabajo cambien de acuerdo con los criterios especificados.

Para ello se prevén diferentes valores teóricos para diferentes fases del proceso. Esto significa que para un determinado número de capas metalúrgicas consecutivas se elige un primer valor teórico y para otras capas metalúrgicas determinadas se elige un valor teórico diferente. Para algunas capas metalúrgicas se permite, por ejemplo, un contenido de oxígeno en la atmósfera de gas mayor que el de otras capas metalúrgicas.

La composición del gas se elige especialmente de manera que las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas adyacentes de la pieza de trabajo no cambien de forma abrupta y, en particular, que no cambien de forma continua o gradual y que, sobre todo, que no se produzcan "grietas" ni cambios bruscos en las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas adyacentes.

Según la invención, se determina, se mide o se especifica de otra manera un parámetro de la atmósfera de gas o de la corriente de gas retirada de la cámara de fabricación. El parámetro puede determinarse dentro de la cámara de fabricación o fuera de la cámara de fabricación, por ejemplo, en una tubería o en un recipiente a través de los cuales pasa la corriente de gas.

En diferentes áreas de la cámara de fabricación se pueden producir composiciones de gas distintas. Esto se puede deber, por ejemplo, a la introducción indefinida de gas extraño en la cámara de proceso junto con el material aportado a la cámara de proceso. Esta situación se da en particular a la hora de aportar un material en polvo. Como consecuencia de la falta de corriente de gas o de una corriente muy débil en la cámara de fabricación, el gas libre no se distribuye uniformemente en la cámara de fabricación, sino que permanece en determinadas áreas. Por lo tanto, se considera ventajoso extraer una parte de la atmósfera de gas de la cámara de fabricación que se encuentra al mismo nivel que el material expuesto al rayo láser. Si este gas extraído se analiza posteriormente, es decir, si se especifica un determinado parámetro de esta corriente de gas, se pueden sacar directamente conclusiones acerca de la atmósfera de gas en el lugar de procesamiento.

En dependencia del resultado de la comparación entre el parámetro medido y el valor teórico, la corriente de gas se devuelve a la cámara de fabricación en su totalidad, en parte o no se devuelve. Además, dependiendo del resultado de la comparación, se introduce o no un gas de proceso en la cámara de fabricación. El gas de proceso puede ser un gas puro o también una mezcla de gases. La cantidad, presión, temperatura, composición y/o velocidad de flujo u otras variables que caracterizan al gas de proceso pueden variar en función del resultado de la comparación entre el parámetro medido y el valor nominal.

En el transcurso de la generación de cada capa metalúrgica, prevalece una atmósfera de gas isotrópica homogénea con la respectiva composición de gas, especialmente en la cámara de fabricación completa. Esta atmósfera de gas isotrópica permite modificar las propiedades metalúrgicas de toda la capa metalúrgica de forma sencilla, económica y sin esfuerzo. Por lo tanto, no es necesario aportar gases específicos a determinadas áreas del material a fundir.

Con preferencia, la composición del gas para cada una o para varias de las capas metalúrgicas se elige de manera que las propiedades metalúrgicas de la(s) capa(s) metalúrgica(s) respectiva(s) se ajusten a valores predeterminados. Las propiedades metalúrgicas de cada capa metalúrgica se ven por lo tanto influenciadas específicamente por la elección de la composición del gas. Los valores teóricos de los parámetros medidos se eligen de acuerdo en consecuencia y pueden variar entre las diferentes capas. Así, las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas adyacentes pueden adaptarse fácilmente entre sí. En particular, el valor establecido de una propiedad metalúrgica de una capa metalúrgica especial depende del valor establecido de esta propiedad metalúrgica de la capa metalúrgica adyacente.

La composición del gas para cada una o más capas metalúrgicas se elige preferiblemente de manera que los valores de las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas respectivamente adyacentes difieran entre sí, como máximo, en un valor umbral predeterminado. En particular, este valor umbral se elige de forma que no se produzca ninguna muesca metalúrgica entre las capas metalúrgicas adyacentes. Preferiblemente este valor umbral es del 5%, especialmente del 2,5%, preferiblemente del 1% de una o más propiedades metalúrgicas (véanse más abajo las propiedades metalúrgicas aplicables).

Mediante una elección apropiada del valor umbral, se puede garantizar especialmente una transición suave y fluida entre las propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas adyacentes. Además, la elección apropiada del valor umbral asegura que el cambio en las propiedades metalúrgicas a lo largo de la dirección de propagación o de la extensión longitudinal de la pieza de trabajo siga al gradiente, al perfil o a la distribución correspondiente.

El procedimiento según la invención no sólo puede servir para el mantenimiento de una atmósfera de gas deseada en la cámara de fabricación, sino también para producir ciertos cambios, en particular de poca importancia, en la atmósfera de gas. El valor teórico para la comparación con el parámetro medido del flujo de gas o de la atmósfera de gas se modifica a estos efectos. Si el parámetro determinado difiere del valor teórico, se desecha la corriente de gas extraída de la cámara de fabricación y se introduce un gas de proceso con la composición deseada en la cámara de fabricación. En este caso no es necesario eliminar completamente la atmósfera de gas existente en este momento en la cámara de fabricación, antes de crear una nueva capa metalúrgica. Como la atmósfera de gas circula continuamente y se controla midiendo uno o más parámetros, la corriente de gas puede ser extraída y reemplazada por un gas de proceso de la composición deseada hasta que la diferencia entre el parámetro medido y el valor teórico descienda por debajo de un límite especificado.

La invención se emplea de manera especialmente ventajosa para el ajuste y la regulación de una concentración de oxígeno determinada en la cámara de fabricación. En particular, la invención permite mantener el contenido de oxígeno de la atmósfera de gas en un valor predeterminado constante. Este valor predeterminado corresponde ventajosamente a un valor entre 50 Vppm y 1000 Vppm, por ejemplo a 100 Vppm, 250 Vppm, 500 Vppm u 800 Vppm.

La invención no sólo permite controlar la atmósfera de gas con respecto al cumplimiento de determinados valores límite, sino también regular activamente la atmósfera de gas de acuerdo con los deseos y las especificaciones del usuario.

Con preferencia, por medio de la respectiva composición del gas de la atmósfera de gas en la cámara de fabricación se cambian la resistencia al flujo, la dureza, la rigidez, la conductividad térmica, la conductividad eléctrica, el punto de fusión, la resistencia a la corrosión, la resistencia al desgaste, la ductilidad, las propiedades electromagnéticas y/o la porosidad como propiedades metalúrgicas de las respectivas capas metalúrgicas de la pieza de trabajo.

La pieza de trabajo se fabrica preferiblemente de un metal con un punto de fusión bajo. Para ello, se proporciona respectivamente el metal con un punto de fusión bajo como material metálico para cada capa metalúrgica. Por metales con un punto de fusión bajo se consideran metales que presentan un punto de fusión máximo de 1500 °C, preferiblemente de 1200 °C, como máximo, especialmente de 1000 °C, como máximo, y de al menos 500 °C. Se emplean, por ejemplo, aluminio, estaño, plomo, zinc y/o plata o sus mezclas o aleaciones correspondientes como metales con un punto de fusión bajo. Las aleaciones correspondientes también se pueden producir a partir de diferentes materiales metálicos mediante la introducción de distintas mezclas de componentes.

Con preferencia, la pieza de trabajo no se fabrica de un metal refractario o un de un metal con un punto de fusión alto. Por consiguiente, no se funde ningún metal refractario ni ningún metal con un punto de fusión alto como material metálico. Los metales refractarios o con un punto de fusión alto presentan especialmente un punto de fusión

de al menos 1500 °C. A temperaturas tan altas, los gases se comportan de forma diferente que a temperaturas comparativamente bajas, especialmente de 1500 °C, como máximo. Las propiedades de los gases y las reacciones que se producen son claramente diferentes a temperaturas tan altas y tan bajas. En el caso de las temperaturas altas se aplican especialmente leyes de termodinámica diferentes que en el caso de temperaturas tan bajas. Sobre todo a altas temperaturas resulta mucho más complicado producir propiedades metalúrgicas especiales de las capas metalúrgicas que a bajas temperaturas. Sin embargo, existe la posibilidad de insertar metales refractarios u otros componentes, por ejemplo para la producción de piezas especialmente resistentes a la abrasión, en una matriz de metales con un punto de fusión bajo, por ejemplo para crear materiales compuestos.

Sin embargo, en su conjunto, la pieza de trabajo comprende preferiblemente un metal con un punto de fusión bajo y la fusión por láser se lleva a cabo preferiblemente a temperaturas bajas de hasta 1500 °C, como máximo, especialmente de 1200 °C, como máximo, con preferencia de 1000 °C, como máximo. A temperaturas tan bajas, la pieza de trabajo se puede producir de forma sencilla, sin esfuerzo y de manera económica.

La atmósfera de gas en la cámara de fabricación puede consistir en un gas inerte como el argón. Si se pretende mantener la atmósfera de gas inerte durante todo el proceso de fabricación, se determina, por ejemplo, el contenido de oxígeno o el contenido de vapor de agua de la atmósfera de gas o de la corriente de gas extraída y, en caso de superar un determinado valor teórico para el contenido de oxígeno o el contenido de vapor de agua, la corriente de gas ya no se devuelve o ya no se devuelve completamente a la cámara de fabricación, sino que se sustituye (parcialmente) por una corriente de gas de proceso compuesto de argón.

En otra forma de realización, se utiliza para las capas metalúrgicas una composición de gas como atmósfera de gas, en cada caso consistente en un gas reactivo puro o en una mezcla de gas con al menos un gas reactivo como componente de gas. En particular, se utiliza una mezcla de gases que presenta exclusivamente diferentes gases reactivos como componentes del gas. Como consecuencia de la concentración de los distintos gases reactivos en la atmósfera de gas se producen las propiedades metalúrgicas deseadas de la respectiva capa metalúrgica. Con preferencia se aporta entonces a la atmósfera de gas un gas de proceso, que también comprende uno o varios de los siguientes gases reactivos: hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, helio, monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o hidrocarburos. El gas de proceso también puede ser una mezcla de un gas inerte y un gas reactivo.

Mediante el uso de nitrógeno en la composición del gas y la aportación controlada de nitrógeno como gas de proceso se puede alterar, por ejemplo, la resistencia al flujo, la dureza y/o la rigidez como propiedades metalúrgicas de las respectivas capas metalúrgicas de la pieza de trabajo. En particular, el nitrógeno produce en las respectivas capas metalúrgicas nitruros, que dan lugar a un aumento de la resistencia al flujo, de la dureza y/o de la rigidez.

Mediante el uso de dióxido de carbono en la composición del gas para la atmósfera de gas y mediante la aportación controlada de dióxido de carbono como gas de proceso, se pueden producir, por ejemplo, carburos en las respectivas capas metalúrgicas. Por medio del dióxido de carbono en la composición del gas se pueden alterar la dureza y/o la resistencia al desgaste como propiedades metalúrgicas de las capas metalúrgicas de la pieza de trabajo.

Mediante el uso de oxígeno en la composición del gas y mediante la aportación controlada de oxígeno como gas de proceso, se pueden producir óxidos, especialmente óxidos metálicos, en las respectivas capas metalúrgicas. De esta manera se pueden cambiar la ductilidad o extensibilidad y la deformabilidad como propiedades metalúrgicas de las respectivas capas metalúrgicas de la pieza de trabajo.

Mediante el uso de hidrógeno en la composición del gas y la aportación controlada de hidrógeno como gas de proceso se pueden producir capas frágiles y quebradizas de la pieza de trabajo. De esta manera, se pueden crear puntos de rotura en la pieza de trabajo.

Para la atmósfera de gas se emplea ventajosamente una composición de gas que contenga menos oxígeno que el aire en condiciones normales. La proporción preferida de oxígeno en la composición del gas es de entre 0,01% y 21%. Esta composición de gas permite utilizar diferentes componentes de la cámara de fabricación (por ejemplo, válvulas, juntas, manguitos, etc.) fabricados con materiales de bajo coste y adecuados para el aire comprimido. Por lo tanto, no es necesario utilizar materiales caros que estén explícitamente certificados para su uso en atmósferas ricas en oxígeno. Las composiciones de gas con este contenido de oxígeno son particularmente adecuadas para permitir una oxidación controlada o reacciones en la cámara de fabricación. De este modo, se pueden ajustar las propiedades metalúrgicas deseadas de las respectivas capas metalúrgicas.

Con preferencia se emplean una composición de gas para la atmósfera de gas y un gas de proceso correspondiente, siendo una proporción de gases combustibles o explosivos menor que el límite inferior de ignición del gas respectivo en la composición de gas, especialmente menor que el límite inferior de ignición del respectivo gas en el aire. Como gases inflamables o explosivos se emplean en especial hidrógeno y/o los hidrocarburos.

Si para la composición del gas se elige un contenido de oxígeno comparativamente bajo o si la composición del gas no contiene oxígeno, el límite de ignición de los gases inflamables o explosivos en la composición del gas es generalmente mayor que en el aire. En estas composiciones de gas de bajo contenido de oxígeno, se puede elegir una proporción comparativamente alta de gases inflamables o explosivos. Durante el proceso de fabricación, una atmósfera de gas con bajo contenido de oxígeno no presenta ningún riesgo, o al menos un riesgo mínimo, de explosión o incendio, a pesar de una proporción cada vez mayor de gases inflamables o explosivos. En particular,

dicha atmósfera de gas se elimina completamente de la cámara de fabricación antes de abrirla para evitar un mayor riesgo de explosión o incendio debido a la entrada de oxígeno cuando se abre la cámara de fabricación.

Además, la proporción máxima de gases combustibles o explosivos en la composición del gas es preferiblemente en un 10% inferior al límite de ignición del gas respectivo en la composición del gas o en el aire. Esto garantiza que la proporción de gases no supere en ningún momento el respectivo límite de ignición, ni siquiera si la proporción del gas respectivo cambia, por ejemplo, debido a reacciones de la atmósfera de gas con la pieza de trabajo.

Para la atmósfera de gas se emplea preferiblemente una composición de gas con un contenido máximo de monóxido de carbono de 30 ppm y/o un contenido máximo de dióxido de carbono de 5000 ppm. El gas de proceso se elige en consecuencia. Una composición de gas de este tipo resulta especialmente adecuada cuando no existen medidas de seguridad para evitar que la cámara de fabricación se abra antes de que la atmósfera de gas haya sido completamente eliminada. En tal caso, esta composición de gas puede evitar que un usuario o empleado sufra daños en lo que se refiere a su salud. Si se adoptan tales medidas de seguridad, el contenido de monóxido de carbono y/o dióxido de carbono puede ser preferiblemente superior a 30 ppm o 5000 ppm, respectivamente.

La invención ofrece numerosas ventajas frente al estado de la técnica. El contenido de vapor de agua y el contenido de oxígeno en la atmósfera de gas se pueden controlar, ajustar y regular de forma sencilla y segura. Se evita la formación de poros no deseados en las piezas fabricadas. La calidad de las piezas fabricadas aumenta. No se necesitan complejos tratamientos posteriores para la eliminación o reducción de los poros.

Estas ventajas son particularmente evidentes en un proceso de lecho de polvo en el que el material se aporta en forma de polvo. Con el polvo se introduce por regla general un gas extraño en la cámara de fabricación, que cambia de manera indefinida la composición de la atmósfera de gas. La invención permite en este caso un control y una regulación inmediatos y seguros de la atmósfera de gas.

De manera ventajosa se retira continuamente parte del gas de la cámara de fabricación que, en dependencia de la comparación del parámetro con el valor teórico, se devuelve o se desecha y se reemplaza con gas de proceso nuevo. De esta manera, se pueden mantener condiciones estables en la cámara de proceso.

La invención y otras características ventajosas de la invención se explican más detalladamente a la vista de los siguientes dibujos esquemáticos. Se muestra en la

Figura 1 una cámara de fabricación para la producción aditiva de una pieza de trabajo.

En la figura 1 se representa esquemáticamente una cámara de fabricación 1 para la producción de una pieza de trabajo mediante fabricación aditiva. La pieza acabada se compone de diferentes capas metalúrgicas, que se producen una tras otra. Cada una de las capas metalúrgicas de la pieza de trabajo se produce proporcionando un material metálico para cada capa metalúrgica y aplicando un rayo láser. El proceso se realiza bajo una atmósfera de gas en la cámara de fabricación 1. La atmósfera de gas en la cámara de fabricación 1 consiste, por ejemplo, en argón introducido en la cámara de fabricación 1 antes del inicio del proceso de producción.

Según la invención, una parte de la atmósfera de gas se extrae de la cámara de fabricación 1 como corriente de gas 2 y se aporta a una unidad de análisis 3. En la unidad de análisis 3 se determinan uno o varios parámetros de la corriente de gas 2. Si, como en el caso descrito, la atmósfera de gas consiste en un gas inerte, a menudo puede tener sentido comprobar el contenido de vapor de agua de la corriente de gas 2 o el contenido de oxígeno de la corriente de gas 2 para determinar si la atmósfera de gas sigue siendo suficientemente inerte. De lo contrario existe, por ejemplo, el riesgo de que se formen poros en el interior de la pieza de trabajo.

En la unidad de análisis 3, los parámetros, como el contenido de vapor de agua o el contenido de oxígeno de la corriente de gas 2, se miden y se comparan con un valor teórico. Si los parámetros medidos están por debajo del valor teórico, es decir, si el contenido de vapor de agua u oxígeno es inferior al valor teórico, la corriente de gas 2 se devuelve completamente a la cámara de fabricación 1.

Sin embargo, si el contenido de vapor de agua o de oxígeno es superior al valor teórico, se rechaza una parte o la totalidad de la corriente de gas. Para ello, la corriente de gas analizada 2 se aporta a una unidad de control de gas 4 que, dependiendo del resultado de la comparación del parámetro medido y del valor teórico, devuelve la corriente de gas 2 a la cámara de fabricación 1 o descarga una corriente parcial 5 o la corriente de gas completa 5 o la emplea para otros usos.

La parte 5 de la corriente de gas 2, que ya no se devuelve a la cámara de fabricación 1, se sustituye por un gas de proceso 6. En este ejemplo, se utiliza argón puro como gas de proceso 6. El gas de proceso también se aporta a la unidad de control de gas 4 (corriente 7), mezclado con la corriente de gas 2, y después se conduce a la cámara de fabricación 1 (corriente 8).

La figura 1 también muestra otro circuito 9, que retira continuamente parte de la atmósfera de gas de la cámara de fabricación 1 y la devuelve a la cámara de fabricación 1. De esta manera, se consigue una circulación de la atmósfera de gas y, por tanto, una homogeneización de la atmósfera de gas.

REIVINDICACIONES

1. Proceso para la producción por capas de una pieza metálica mediante fabricación aditiva, en el que las capas metalúrgicas de la pieza se producen proporcionando en una cámara de fabricación material metálico para cada
5 capa metalúrgica y aplicando un haz láser, y en el que se proporciona una atmósfera de gas en la cámara de fabricación durante la aplicación de un haz láser a las capas del material metálico, retirándose parte de la atmósfera de gas de la cámara de fabricación en forma de corriente de gas, determinándose al menos un parámetro de la corriente de gas y/o de la atmósfera de gas, que se compara con un valor teórico, caracterizado por que, en
10 dependencia de la comparación del parámetro con el valor teórico, la corriente de gas se devuelve total o parcialmente o no se devuelve a la cámara de fabricación, aportándose en dependencia de la comparación del parámetro con el valor teórico un gas de proceso a la cámara de fabricación, manteniendo constante la presión en la cámara de fabricación.
2. Proceso según la reivindicación 1, caracterizado por que se determinan el contenido de vapor de agua, el
15 contenido de oxígeno, el contenido de carbono y/o la temperatura de la atmósfera de gas o el flujo de gas.
3. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que una parte de la atmósfera de gas se retira de la cámara de fabricación, encontrándose dicha parte al mismo nivel que el material sometido al rayo láser.
- 20 4. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, previéndose para al menos dos capas metalúrgicas distintas diferentes valores teóricos.
5. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, aportándose el gas de proceso cuando el contenido de vapor de agua y/o el contenido de oxígeno sean superiores al valor teórico correspondiente.
25 6. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, manteniéndose el contenido de oxígeno en la atmósfera de gas constante, especialmente a un valor entre 50 Vppm y 1000 Vppm.
7. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, determinándose el parámetro en la cámara de fabricación.
30 8. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, empleándose para la atmósfera de gas para las capas metalúrgicas respectivamente un gas reactivo puro o una mezcla de gases con al menos un gas reactivo como componente gaseoso.
- 35 9. Proceso según la reivindicación 8, presentando la atmósfera de gas hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, helio, monóxido de carbono, dióxido de carbono y/o hidrocarburos como gas reactivo.
10. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, proporcionándose respectivamente un metal con un punto de fusión bajo como material metálico.
40 11. Proceso según la reivindicación 10, presentando el metal con un punto de fusión bajo un punto de fusión máximo de 1500°C, en particular de 1200°C, como máximo, en especial de 1000°C, como máximo.
12. Proceso según una de las reivindicaciones anteriores, proporcionándose el material metálico en forma de polvo.

Fig. 1

