

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 900 646**

51 Int. Cl.:

**B22F 5/10** (2006.01)

**B22F 10/20** (2011.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2016** **PCT/FR2016/052735**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.04.2017** **WO17068300**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2016** **E 16809920 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.09.2021** **EP 3365131**

54 Título: **Procedimiento de fabricación por fusión y compresión isostática en caliente**

30 Prioridad:

**23.10.2015 FR 1560121**

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

**17.03.2022**

73 Titular/es:

**ADDUP (100.0%)**  
**Zone Industrielle de Ladoux, 13-33 Rue Verte**  
**63118 Cébazat, FR**

72 Inventor/es:

**VANNEROT, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 900 646 T3

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de fabricación por fusión y compresión isostática en caliente

La presente invención se refiere al campo de la pulvimetalurgia en el que las piezas metálicas se obtienen por sinterización de polvos metálicos.

- 5 Más particularmente, el presente procedimiento combina, de una manera particularmente innovadora, la pulvimetalurgia con los procedimientos de fabricación aditiva, es decir los procedimientos de conformación de una pieza mediante la adición de materiales, en particular por el apilamiento de capas sucesivas.

- 10 La presente invención encontrará su aplicación principalmente en el campo de los procedimientos de fabricación de una pieza en los que el proceso de conformación de dicha pieza es un proceso físico, en particular un proceso de fusión seguido de solidificación de polvos metálicos.

En los procedimientos convencionales de pulvimetalurgia, los polvos generalmente se encapsulan en un recinto metálico sólido que ha sido diseñado previamente de manera específica para la pieza que se desea fabricar, antes de proceder a una etapa de compresión isostática en caliente (CIC).

- 15 Sin embargo, la etapa CIC generará, gracias a una soldadura por difusión, una compactación de los polvos, casi todos fundidos, que es difícil de controlar y que es necesario tener en cuenta antes de la fabricación de la pieza en cuestión.

- 20 En lo que se refiere actualmente a los procedimientos de conformación de una pieza por la fabricación aditiva, tradicionalmente y como se describe en los documentos CN 104 550 950 B, NC 103 752 823 A, EP 1 800 700 A2, EP 1 683 593 A2 y WO 2014/179679 A1, estos consisten en la realización, a partir de datos digitales, de una pieza en tres dimensiones (3D) mediante la aplicación, sobre un soporte, de capas finas sucesivas en dos dimensiones (2D) por medio de un rodillo de deposición de polvo.

La conformación está asociada, por ejemplo, a un haz de electrones que escanea sucesivamente cada capa y provoca la fusión local de los polvos.

La solidificación tiene lugar directamente después de la fuente de energía.

- 25 El producto acabado se obtiene según determinadas operaciones de acabado, que comprenden en particular una limpieza de la pieza, una retirada de soportes, un arenado y un mecanizado.

Sin embargo, los procedimientos implementados actualmente en la fabricación aditiva presentan ciertos inconvenientes.

- 30 En particular, para la fabricación de piezas de gran tamaño, con un tamaño mayor o igual a 2-3 mm, es necesario construir soportes adecuados que soporten la pieza en construcción y que permitan la evacuación del calor desprendido.

- 35 De hecho, como se indicó anteriormente, la fabricación aditiva necesita, para la fusión y luego la solidificación de los polvos, la aplicación de una fuente de energía, generalmente un haz de electrones o un rayo láser. El haz de electrones, por ejemplo, consiste en una fuente de calor tridimensional estrecha e intensa cuya temperatura puede alcanzar o incluso superar los 1600 °C y puede llegar hasta los 3000 °C. Por consiguiente, sin la presencia de los soportes para soportar y disipar el calor, las piezas fabricadas presentarían graves deformaciones con respecto a la forma que se quiere conseguir.

Sin embargo, la utilización de soportes, útiles por un lado para evitar la presencia de deformaciones en el producto acabado, presenta, por otro lado, inconvenientes.

- 40 Más particularmente, al retirar los soportes, una vez completada la solidificación, es necesario despegarlos de la pieza. La consecuencia de esta operación es crear defectos superficiales donde dicha parte estuvo en contacto con el soporte. Entonces es necesaria una etapa de lijado para remediar la presencia de estos defectos superficiales.

Por ejemplo, el documento de patente WO 2013/092997 describe un procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional por consolidación sucesiva, capa por capa, en el que:

- 45
- se deposita una capa de polvo sobre un soporte;
  - se lleva a cabo una fusión de la capa de polvo mediante un haz láser;
  - se lleva a cabo una fusión de la parte central interior sólida de la capa de polvo mediante la aplicación de un haz de electrones.

La implementación de estas etapas permitiría obtener piezas con baja rugosidad superficial en el exterior.

Sin embargo, el procedimiento aquí descrito presenta ciertos inconvenientes y en particular el de necesitar la utilización de dos fuentes de energía, dependiendo de si se desea fundir el núcleo de la pieza o la piel de la misma.

5 En lo que se refiere a la presente invención, propone, en una actividad inventiva, una combinación particularmente interesante y original de las técnicas de pulvimetalurgia y de fabricación aditiva para dar lugar a un procedimiento de implementación de una sucesión de etapas por lo que es posible llevar en última instancia a piezas u objetos tridimensionales que pueden ser de grandes dimensiones, mientras que presentan una estructura interna densa y homogénea, pudiendo presentar dichos objetos y también tener formas muy complejas, sin necesitar la utilización, a veces restrictiva, de soportes para soportar la estructura durante la fabricación.

10 También debe tenerse en cuenta que las piezas obtenidas mediante la implementación del procedimiento de la invención presentan características excepcionales, en particular en términos de mecánica e isotropía.

Con este fin, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional a partir de un apilamiento de capas de polvo como se describe en la reivindicación 1 asociada.

15 La presencia de una malla interna tridimensional que penetra parcialmente en la piel exterior permite una evacuación efectiva, hacia el exterior de la capa, del calor producido por la fuente de energía utilizada para permitir la fusión-solidificación de los polvos.

Ventajosamente, la fuente de energía que se utiliza durante las etapas c) y d) de fusión-solidificación consiste en un haz de electrones, al igual que para la etapa b) de escaneo.

Según otra característica de la invención, todas las etapas se realizan preferiblemente en una atmósfera de vacío.

20 Curiosamente, las celdas de rejilla de la malla interna tridimensional del objeto tridimensional dibujan una pluralidad de dodecaedros, o cualquier otra forma geométrica que forme una malla uniforme o con un gradiente de tamaño.

Preferiblemente, la anchura de sección de las celdas de rejilla de la malla tridimensional del objeto tridimensional está comprendida entre 0,50 y 3,50 mm.

En un ejemplo ventajoso del procedimiento de fabricación aditiva según la invención, la malla interna se hace penetrar en el borde exterior aproximadamente de 0,1 a 0,9 mm.

25 La invención presenta muchas ventajas y permite superar los inconvenientes de los procedimientos del estado de la técnica de una manera original.

Por un lado, el procedimiento de la invención proporciona una solución que permite evitar la instalación de los soportes durante la fabricación de piezas tridimensionales de grandes tamaños, estando dichos soportes generalmente en el origen de la formación de defectos superficiales que deben ser remediados.

30 Por otro lado, la malla tridimensional colocada durante el presente procedimiento, y penetrando parcialmente en el borde exterior, o piel, favorece la eliminación del calor que se produce necesariamente durante la fusión de los polvos por medio de la fuente de energía.

También debe tenerse en cuenta que el procedimiento de la invención es simple y rápido de implementar.

35 Además, y sobre todo, la etapa b) durante el cual se efectúa un escaneo de toda la superficie S2 de la capa de polvo depositado, esta etapa b) se lleva implementa antes de las etapas c) y d) de fusión-solidificación, permitirá el establecimiento, entre los granos de polvo, de microconexiones, pero sin que los granos de polvo se fundan.

Estas microconexiones, que presentan ventajosamente dimensiones del orden del micrómetro, por ejemplo, unos pocos micrómetros y preferiblemente entre 1 y 3  $\mu\text{m}$ , confieren al polvo una consistencia particular en la que los granos de dicho polvo no están libres, pero no están totalmente fundidos.

40 Esta estructura o consistencia, de los polvos obtenidos tras la implementación de la etapa b), y para cada una de las capas de polvo, en combinación con la obtención, por fusión-solidificación, de la cubierta exterior y de la malla interna, permite, durante la etapa final de compresión isostática en caliente, una compactación homogénea y controlada del objeto que presenta, al final, unas características excepcionales.

45 Por lo tanto, en el procedimiento de la invención, una etapa de compresión isostática en caliente se lleva a cabo en un objeto tridimensional, o una pieza, en el que o en la que, dentro de la cubierta exterior, y con la exclusión de esta, más del 90% del volumen del polvo no ha sufrido fusión y queda una cierta proporción de vacío, del orden del 20 al 30%, entre los granos.

El paso CIC permitirá eliminar este vacío entre los granos no fundidos, pero entre los cuales se han establecido previamente microconexiones.

La proporción residual de vacío antes de la CIC, en combinación con la presencia de una malla interna tridimensional en la que los granos de polvo han sido objeto de una fusión, permitirá, en el momento de la implementación de la CIC, una deformación homogénea regular del objeto tridimensional que le conferirá, con este fin, una estructura interna isotrópica, fina y homogénea, resultando en particular en características mecánicas óptimas.

5 Por el contrario, en los procedimientos del estado de la técnica, cuando una CIC se aplica a un material en el que los granos de polvo ya se han fundido casi totalmente, la contracción dimensional es muy a menudo irregular y la pieza final es responsable de presentar una apariencia distorsionada. Por ejemplo, en lugar de obtener una parte de la sección circular deseada, que se logra mediante la implementación de la invención, generalmente obtendremos una pieza deformada no circular denominada "patata".

10 Otras características y ventajas de la invención surgirán de la descripción detallada siguiente de los modos de realización no limitativos de la invención, con referencia a las figuras adjuntas en las que:

- la figura 1 representa una vista superior de una sección longitudinal de un objeto tridimensional, en este caso una figura que representa un caballo, obtenida por la implementación de las etapas del procedimiento según la invención, y que ilustra la piel exterior y la malla interna tridimensional del objeto;

15 – la figura 2 representa, esquemáticamente, una vista superior de una de las capas del objeto tridimensional obtenido mediante la implementación de las etapas del procedimiento según la invención; en esta figura, es más particularmente visible que la malla tridimensional de la capa penetra parte de la anchura de la piel exterior de dicha capa.

20 Como se representa en las figuras 1 y 2, la presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional 1.

Un proceso de fabricación según la invención consiste, más precisamente, en la formación de un objeto tridimensional 1 mediante una superposición de una pluralidad de capas delgadas 4 de polvo o de polvos, generalmente metálicos, pudiendo el polvo ser puesto en fusión, en ciertos lugares de la capa 4, por medio de una fuente o de un haz de energía.

25 En lo que se refiere al polvo utilizado en el procedimiento de la invención, generalmente es un polvo metálico, que comprende un solo metal o una mezcla, o aleación, de varios metales.

Sin embargo, tal modo de realización no debe considerarse como limitativo, y el polvo utilizado en el procedimiento de la invención también puede consistir, por ejemplo, en un polvo cerámico.

30 En un modo de realización particular, se utiliza, durante la implementación de las diferentes etapas del presente procedimiento, un polvo "dopado", es decir en el que los granos, preferiblemente metálicos, están asociados a las nanopartículas.

En lo que se refiere al tamaño de las partículas de polvo, éste varía preferiblemente entre 5 y 500 pm.

35 Esto permite, de manera interesante, incrementar las propiedades mecánicas del objeto tridimensional 1 obtenido finalmente por medio del procedimiento de la invención. En particular, dicho objeto 1 presenta una mejor estabilidad dimensional a alta temperatura y una resistencia mejorada a cualquier etapa de mecanizado. Además, es posible obtener, por este medio, un material funcional.

Volviendo ahora al objeto tridimensional 1, con referencia a la figura 1, la estructura de este último comprende, por un lado, una piel exterior 2 y, por otro lado, una malla tridimensional interna 3.

40 Más precisamente, con referencia ahora a la figura 2, dicho objeto tridimensional 1 está formado por una pluralidad de capas 4 de polvo, y cada una de estas capas 4 comprende un borde exterior 20, o borde periférico 20, que encierra una parte central. 5, comprendiendo este último una malla interna 30.

Por lo tanto, se entiende que la superposición de los bordes exteriores 20 de las capas 4 de polvo forma finalmente la piel exterior 2 del objeto tridimensional 1.

45 En cuanto a la superposición de la malla interna 30 de las capas 4, esto permite obtener la malla interna tridimensional 3 del objeto 1 en cuestión.

Para ello, en una primera etapa a) del procedimiento de la invención, se deposita una primera capa 4 de polvo metálico, con una superficie total S1, preferiblemente sobre una superficie sustancialmente plana, tal como una bandeja de trabajo.

50 Durante esta primera etapa a), la deposición de la capa 4 de polvo puede llevarse a cabo por cualquier medio adecuado para este fin y conocido por los expertos en la técnica, en particular a través de medios de distribución y medios para esparcir el polvo.

La capa 4 de polvo depositada presenta generalmente un grosor del orden de unas pocas decenas de  $\mu\text{m}$ . Por ejemplo, pero no de forma limitativa, el grosor de dicha capa 4 es de aproximadamente 50  $\mu\text{m}$ , sin superar sin embargo 200  $\mu\text{m}$ .

Después de la aplicación de la primera capa 4 de polvo, en particular de polvo metálico durante la etapa a), se lleva a cabo, por medio de un haz de energía, un escaneo integral de una superficie S2 contenida en el interior de la superficie S1 de la capa de polvo 4 que se ha esparcido.

La superficie S2 que se escanea completamente durante esta etapa b) depende de la forma del objeto tridimensional 1 que se desea obtener al final.

Así, por ejemplo, la capa 4 de polvo que se deposita puede presentar una superficie S1 de forma rectangular mientras que se escanea, durante la etapa b), una superficie circular S2 contenida en S1.

También se puede considerar que toda la superficie S1 que se esparció durante la etapa a) sea escaneada por medio del haz de energía. En este caso, S1 es igual a S2.

El haz de energía consiste preferiblemente en un haz de electrones.

La solicitante ha determinado que, de una manera particularmente ventajosa y original, la implementación de esta etapa de escaneo en ese momento del procedimiento, después de la etapa a) de deposición y que precede a las etapas c) y d) de fusión-solidificación, conduce a la formación de microconexiones entre los granos del polvo, sin que se produzca fusión.

El aumento de temperatura por la aplicación del haz de electrones favorece la difusión de los granos de polvo permitiendo microsoldaduras entre ellos, cuyo tamaño es del orden de un micrómetro, sin llegar a la fusión de los granos.

Se obtiene así una estructura original en la que los granos están microconectados o microsoldados entre sí.

Por consiguiente, los granos de polvo ya no están libres en el sentido de que ya no pueden fluir libremente, conservando una proporción de vacío, al nivel de los intersticios entre los granos de polvo.

La proporción de vacío varía preferiblemente del 20 al 40%, correspondiendo esta proporción a la superficie de vacío con relación a la superficie S2 escaneada, para cada capa 4 de polvo, o para el volumen vacío con relación al volumen total del objeto tridimensional 1 obtenido después de aplicar las etapas a) a e).

Tras la etapa b) de escaneo integral de una superficie S2 por medio de un haz de electrones, se lleva a cabo una primera etapa c) de fusión-solidificación por medio de una fuente de energía.

En un modo de realización preferido, la fuente de energía utilizada durante la implementación del presente procedimiento, y en particular, durante esta etapa c), es un haz de electrones gracias a la cual las partículas de polvo son bombardeadas con electrones lanzados a alta velocidad, y cuya energía cinética permite, en el momento del impacto con las partículas, una generación de calor. Este calor es suficiente para provocar una fusión de dichas partículas de polvo, y después una solidificación de estas últimas durante el enfriamiento.

Ventajosamente, las diferentes etapas del procedimiento de la invención se implementan al vacío, por ejemplo, en un recinto sellado colocado y mantenido al vacío por medio de una bomba de vacío.

Esto permite de manera particular, ventajosamente, evitar la generación de gas entre las partículas de polvo y que necesariamente deben ser evacuadas posteriormente. De esta forma también se previenen los fenómenos de oxidación, al tiempo que se permite un buen funcionamiento del haz de electrones.

Durante esta primera etapa c) de fusión-solidificación, es posible llevar a cabo o bien la fusión del borde externo 20 de la capa 4 de polvo, o bien la fusión de la malla interna 30, teniendo en cuenta el hecho de que, de manera particularmente interesante, al menos una parte de las celdas de rejilla, por ejemplo 31, 32, 33, de dicha malla interna 30 penetra en parte de la anchura de dicho borde externo 20.

Preferiblemente, y como se representa en la figura 2 adjunta, todas las celdas de rejilla de la malla interna penetran en una parte de la anchura de dicho borde externo 20.

Después de la fusión del polvo al nivel del borde externo 20, por medio de la fuente de energía, la solidificación de las partículas de polvo, por soldadura entre sí, tiene lugar directamente después de detener dicha fuente de energía.

A continuación, se implementa una segunda etapa d) de fusión-solidificación, preferiblemente también por medio de un haz de electrones que constituye la fuente de energía.

Durante esta etapa d), el elemento que no fue sometido a la fuente de energía durante la etapa c) anterior, ya sea el borde exterior 20 o la malla interna 30, se somete a una fusión a su vez.

Así, más específicamente, si la primera etapa c) de fusión-solidificación permitió fundir la capa 4 de polvo al nivel de su borde exterior 20, la segunda etapa d) de fusión-solidificación permite la realización de la fusión de la malla interna 30, las celdas de rejilla 31, 32, 33 de los mismos invadiendo, al menos en parte, dicho borde exterior 20.

- 5 En caso contrario, donde la primera etapa c) de fusión-solidificación ha permitido una fusión del polvo de la malla interna 30, la segunda fusión-solidificación durante la etapa d) debe permitir la soldadura del polvo al nivel del borde periférico 20 de la capa 4.

Dado que la malla interna 30 penetra parcialmente en el borde periférico 20 de la capa 4 de polvo, las partículas de polvo, en este nivel, experimentan las dos etapas de fusión-solidificación.

- 10 Asimismo, como esta doble fusión-solidificación se lleva a cabo para cada una de las capas 4, se obtiene, al nivel del objeto tridimensional 1 final, una malla tridimensional interna 3 que penetra en al menos una parte del grosor de la piel exterior 2.

Esta "doble-fusión" del material, en el que la malla interna 30 penetra parcialmente en el borde 20, favorece un intercambio de calor entre el borde exterior 20 y la parte central 5 entre las celdas de rejilla de la malla interna 30 y hacia el exterior del objeto 1.

- 15 En consecuencia, el hecho de que la malla interna 30 penetre en el borde exterior 20 permite una evacuación particularmente eficaz del calor emitido por la fuente de energía durante el tratamiento de cada una de las capas 4 dando como resultado la fabricación del objeto 1.

Esto permite evitar, por ejemplo, una explosión de las piezas durante su producción por fabricación aditiva, bajo el efecto del calor desprendido por la fuente de energía durante las operaciones de fusión.

- 20 Además, una vez obtenido el objeto tridimensional 1 por superposición de las capas 4, esta interpenetración de la malla tridimensional interna 30 en el borde exterior 20 conducirá, durante la implementación de la etapa final del procedimiento, que consiste en una CIC (etapa f), una deformación regular del objeto tridimensional 1 obtenido finalmente.

- 25 Las etapas a) de deposición de polvo, de escaneo integral b) y de fusión-solidificación c) y d) se repiten tantas veces como sea necesario para obtener el objeto tridimensional 1 deseado.

De manera particularmente ventajosa, se funde la totalidad de la primera capa 4 de polvo, así como la totalidad de la última capa de polvo, de modo que se obtenga un objeto tridimensional 1 en forma de un caparazón que comprende una piel exterior 2 y una malla tridimensional interna 3, entre las que las partículas de polvo no fundidas, pero microconectadas se llevan a cabo antes de la etapa final de compresión isostática en caliente.

- 30 En lo que se refiere ahora a la malla tridimensional interna 3 de dicho objeto tridimensional 1, una vez que ha terminado, es ventajosamente una malla cruzada que dibuja volúmenes, y más ventajosamente aún en formas de dodecaedro, que mejoran aún más la evacuación del calor hacia el exterior de las celdas de rejilla o del objeto 1.

- 35 Sin embargo, tal modo de realización no debe ser considerado como limitativo de la invención, y la malla tridimensional 3 del objeto 1 acabado también puede presentar celdas de rejilla que dibujan una pluralidad de formas cúbicas, por ejemplo, como se representa en la figura 2 adjunta, o piramidales, o cualquier otra figura geométrica homogénea o con un gradiente dimensional. Esto significa que las celdas de rejilla de la malla 3 cercanas a la piel exterior 2 pueden presentar eventualmente una sección más pequeña que la de las celdas de rejilla de la malla 3 internas a la parte central.

- 40 Lo más preferiblemente, en el procedimiento de la invención se implementa un camino de fusión diferente, que se define por medio de datos digitales, para cada una de las capas 4 durante las etapas c) o d), con el fin de obtener una malla tridimensional cruzada, que dibuja volúmenes.

En lo que se refiere ahora a las dimensiones de los diferentes elementos del objeto, que es, por ejemplo, ventajoso que la anchura, en sección, de las celdas de rejilla de la malla tridimensional interna 3 del objeto 1, está comprendido entre 0,50 y 3,50 mm.

- 45 De hecho, se ha determinado que esta anchura favorece una evacuación particularmente eficaz de la energía emitida por el haz de electrones en particular.

Ventajosamente, las celdas de rejilla, por ejemplo 31, 32 y 33 de la malla interna 30 de cada capa 4 penetran ventajosamente de manera preferible en la anchura del borde externo 20 unas pocas décimas de milímetro, por ejemplo, entre 0,1 y 0,9 mm, según la anchura de dicho borde 20, que está preferiblemente entre 1,0 y 5,0 mm.

- 50 Según una característica del procedimiento, ya mencionada anteriormente, por la implementación de la etapa b), entre dichas celdas de rejilla, por ejemplo 31, 32, 33, de la malla interna 30, los granos o partículas de polvo no sufren fusión

alguna, sino que están microsoldados entre sí por medio de microconexiones. Por consiguiente, el objeto tridimensional 1 también incorpora, dentro de él, partículas de polvo no fundidas y un vacío entre estas partículas.

5 De manera más precisa, más de 90% y, más preferiblemente, más del 95% de la masa final, con exclusión de la piel exterior 2, del objeto tridimensional 1, obtenido mediante la implementación del procedimiento de la invención consiste en granos de polvo no fundidos.

Por lo tanto, es posible utilizar ventajosamente elementos dopantes añadidos al polvo metálico, tales como nanopartículas, que podrían vaporizarse o añadirse durante una disolución implementada convencionalmente.

10 Además, el hecho de mantener en su lugar las partículas de polvo no fundidas, entre las celdas de rejilla 31, 32, 33 de la malla 30, al igual que la presencia de la malla 3, favorece en particular la obtención de un objeto tridimensional 1 particularmente compacto y homogéneo después de una etapa posterior f) de compresión isostática en caliente (CIC).

Esto también facilita la transferencia y eliminación del calor generado durante el procedimiento de fabricación aditiva según la invención.

15 En otras palabras, la repetición de las etapas, en particular, b), c) y d), de la creación de, por un lado, microconexiones entre las partículas de polvo con el mantenimiento de intersticios entre ellos y, por otra parte, de una malla interna tridimensional 3, penetrando esta última parcialmente en la piel externa 2 del objeto 1, causa, en el momento de la CIC de la etapa f), una contracción dimensional homogénea que permite la obtención de una pieza final

20 La técnica CIC constituye, más particularmente, un tratamiento térmico del objeto tridimensional 1 obtenido tras la implementación de las etapas a) a e) descrito anteriormente, e implementando, en particular, una presión elevada para mejorar las propiedades de dicho objeto.

Esta compresión se puede obtener, preferiblemente, por medio de un gas inerte, por ejemplo, argón. La aplicación durante un tiempo determinado de una temperatura y presión elevadas permite obtener una mejora en las características del objeto 1 final.

25 La presente invención es particularmente interesante y ventajosa para la fabricación de piezas tridimensionales 1 de dimensiones relativamente grandes, que tienen más particularmente dimensiones del orden de un milímetro, de hasta varios decímetros, liberándose de la utilización a menudo restrictiva, de soportes que actúan como puntales.

Además, a diferencia de los procedimientos implementados convencionalmente en pulvimetalurgia, el procedimiento de la invención no requiere la utilización de un recinto de metal sólido para la CIC.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de fabricación de un objeto tridimensional (1) a partir de un apilamiento de capas de polvo, comprendiendo dicho objeto tridimensional (1) una piel exterior (2) y una malla tridimensional interna (3), estando formado dicho objeto (1) por una superposición de varias capas (4) de polvo, cada una de las cuales comprende al menos un borde exterior (20) que encierra una parte central (5) que comprende una malla interior (30) que comprende celdas de rejilla (31, 32, 33), formando la superposición de los bordes exteriores (20) de las capas (4) dicha piel exterior (2) del objeto (1) y formando la superposición de las mallas interiores (30) de las capas (4) dicha malla tridimensional interna (3) del objeto (1), procedimiento en el que:
  - a) se deposita una capa (4) de polvo con una superficie total S1 sobre una bandeja de trabajo;
  - b) se lleva a cabo, por medio de un haz de energía, un escaneo integral de una superficie S2 contenida dentro de dicha superficie total S1, en función del objeto tridimensional (1) a fabricar, para formar microconexiones entre los granos de polvo de dicha superficie S2;
  - c) durante una primera etapa de fusión-solidificación, se lleva a cabo, por medio de dicho haz de energía, la fusión del borde externo (20) o de la malla interna (30), penetrando esta última en una parte de la anchura de dicho borde externo (20);
  - d) durante una segunda etapa de fusión-solidificación, se lleva a cabo, por medio de dicho haz de energía, la fusión del elemento elegido entre el borde externo (20) o la malla interna (30) que no se ha solidificado durante dicha primera etapa de fusión -solidificación, para fundir dos veces la parte de dicha malla (30) que penetra en dicho borde externo (20);
  - e) se repiten n veces las etapas a) a d) para formar n capas superpuestas (4) de polvo metálico y fabricar dicho objeto tridimensional (1), donde, entre dichas celdas de rejilla (31, 32, 33) de la malla interna (30), los granos o partículas de polvo no sufren fusión alguna, sino que están microsoldados entre sí por medio de las microconexiones;
  - f) se lleva a cabo una compresión isostática en caliente del objeto tridimensional (1).
2. Procedimiento de fabricación aditiva según la reivindicación anterior, en el que dicho haz de energía consiste en un haz de electrones.
3. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que todas las etapas del procedimiento se realizan en vacío.
4. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la malla tridimensional interior (3) presenta una forma de dodecaedro.
5. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la anchura de las celdas de rejilla de la malla interna (30) está comprendida entre 0,50 y 3,50 mm.
6. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la malla interna (30) del borde exterior (20) es penetrada por una capa (4) de 0,1 a 0,9 mm, teniendo dicho borde externo (20) una anchura comprendida entre 1,0 y 5 mm.
7. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se funde completamente una primera capa (4) de polvo, así como toda una última capa de polvo, para obtener el objeto tridimensional (1) en la forma de un caparazón que comprende la piel exterior (2) y la malla tridimensional interior (3), entre las que se mantienen las partículas de polvo que no se funden pero que están microconectadas antes de la etapa de compresión isostática en caliente.
8. Procedimiento de fabricación aditiva según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, en el objeto tridimensional, sobre el que se realiza la etapa de compresión isostática, es tal que, dentro de la cubierta exterior, y con exclusión de la misma, más del 90% del volumen del polvo no ha sufrido fusión y subsiste una cierta proporción de vacío entre los granos, permitiendo la etapa de compresión isostática en caliente eliminar este vacío entre los granos que no se han fundido, pero entre los que se han establecido previamente microconexiones.



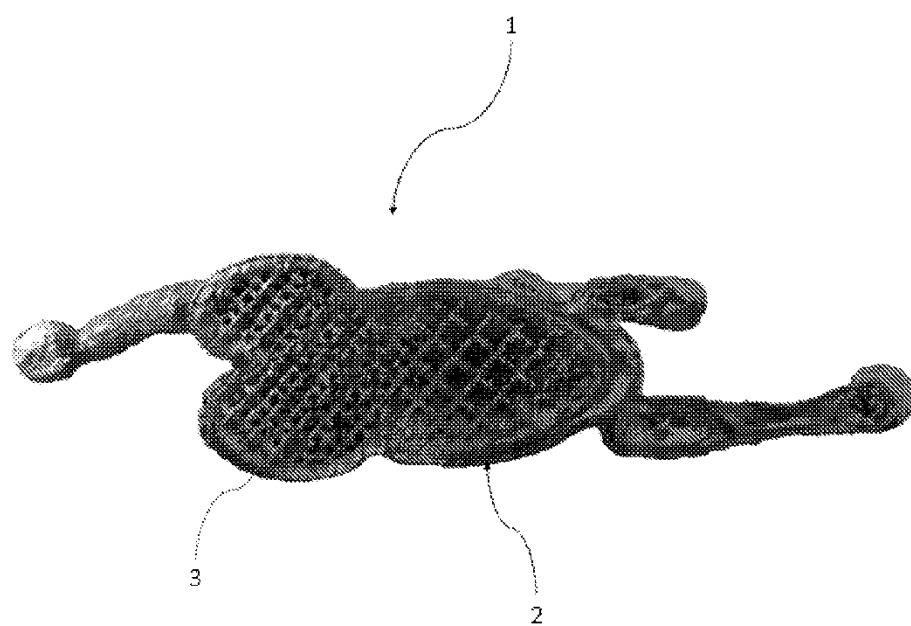


FIG. 1

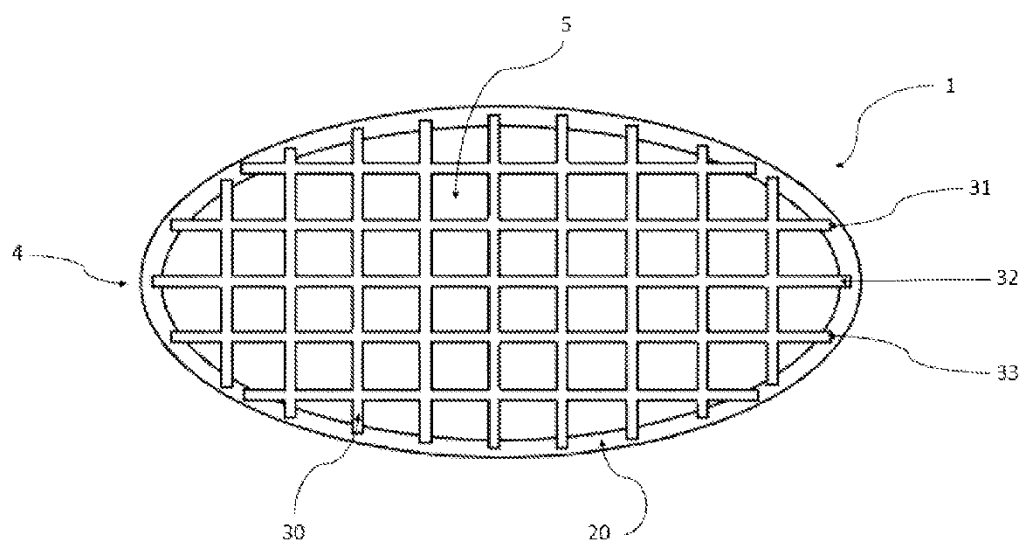


FIG. 2