

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 373**

51 Int. Cl.:

**B21J 5/00** (2006.01)

**B22F 3/105** (2006.01)

**B22F 3/17** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.04.2015 PCT/FR2015/051087**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2015 WO15166167**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.04.2015 E 15723262 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.04.2018 EP 3137242**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de piezas metálicas o de material compuesto de matriz metálica resultantes de la fabricación aditiva seguida de una operación de forjado de dichas piezas**

30 Prioridad:

**29.04.2014 FR 1453875**

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

**17.05.2018**

73 Titular/es:

**SAINT JEAN INDUSTRIES (100.0%)  
180, rue des Frères Lumière  
69220 Saint Jean d'Ardieres, FR**

72 Inventor/es:

**DI SERIO, EMILE THOMAS;  
DUPERRAY, LIONEL;  
PERRIER, FRÉDÉRIC y  
DESRAYAUD, CHRISTOPHE**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 668 373 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 de piezas metálicas o de material compuesto de matriz metálica resultantes de la fabricación aditiva seguida de una operación de forjado de dichas piezas.

5 La invención se refiere al sector técnico de la fabricación de piezas metálicas o de material compuesto de matriz metálica para la realización especialmente y no limitativamente de componentes y equipos para el sector del automóvil y aeronáutico.

10 Se está desarrollando la fabricación aditiva que permite fabricar piezas por fusión o sinterizado de varias capas sucesivas, el concepto de base estando definido en la patente US 4 575 330 con fecha de 1984.

15 El documento WO 2015/006447, dependiente del artículo 54(3) CBE, así como el documento EP 2 112 242 A1 y EP 2 113 583 A1 describen procedimientos de fabricación de piezas según las características técnicas del preámbulo de la reivindicación 1.

20 La fabricación aditiva está definida por la ASTM como siendo un procedimiento de formación de una pieza por añadido de material por apilamiento de capas sucesivas, en oposición a la formación por arranque de material tal como el mecanizado. Es también el nombre que se le da a la tecnología de impresión tridimensional.

25 Esta tecnología se está desarrollando para realizar piezas en aleación metálica tanto por fusión como por sinterizado de lechos de polvo o por soldadura de alambres. Los ensayos sobre los materiales compuestos de matrices metálicas se han revelado muy prometedores. Las tecnologías utilizadas para citarlas de manera no exhaustiva van desde el sinterizado selectivo por láser (Selecting Laser Sintering) hasta la fusión por haz de electrones (Electron Beam Melting) pasando por la sinterización de metal por láser (Direct Metal Laser Sintering) así como el depósito de metal por láser (Laser Metal Deposition) o la fusión por láser (Selective Laser Melting). Estas tecnologías permiten fabricar piezas que tengan una gran complejidad geométrica con propiedades mecánicas satisfactorias a costa de un tiempo de ciclo que a menudo se ha revelado largo. En efecto, para cada capa sucesiva un rodillo debe repartir el polvo y el haz de electrones o láser debe barrer la integridad de la superficie de cada capa para obtener una buena cohesión del polvo. Para reducir este tiempo de ciclo, la estrategia de los fabricantes es aumentar la potencia y el número de haces para poder hacer fundir o sinterizar cada capa más rápidamente, ocasionando así un alza en el precio de la máquina de fabricación. Los metales utilizados son principalmente las aleaciones de titanio para la tecnología de fusión por haz de electrones pero las tecnologías que utilizan el láser son más polivalentes. Permiten fabricar piezas en aleaciones de hierro, en aleaciones a base de titanio, aluminio, cobalto, cromo, níquel así como de materiales compuestos de matriz metálica (titanio - carburo de titanio, aluminio - alúmina, aluminio - carburo de silicio).

40 Las piezas resultantes de la fabricación aditiva comprenden sin embargo bastante a menudo una micro porosidad residual. Ésta deteriora las propiedades mecánicas de las piezas especialmente la ductilidad y la resistencia a la fatiga. Una etapa de presión isostática caliente (HIP - Hot Isostatic Pressing), que consiste en someter bajo alta presión a alta temperatura la pieza, a menudo es necesaria para obtener una resistencia a la fatiga satisfactoria.

45 Las piezas resultantes de la fabricación aditiva comprenden también una rugosidad de la superficie basta por el hecho de la granulometría del polvo utilizado así como de la huella residual de los diferentes estratos en el momento de la fabricación aditiva.

50 Con la mayor parte de las técnicas de fabricación aditiva, las piezas comprenden también una microestructura de fundición por el hecho de la fusión del polvo en el transcurso de su obtención o en el momento de la realización de la pieza. Esta estructura es especialmente laminar para las aleaciones a base de titanio y no permite satisfacer la mayor parte de los pliegos de condiciones para las piezas de estructura aerodinámica. En efecto, para mejores propiedades mecánicas se solicita una microestructura bimodal, a la vez laminar y nodular. Esta estructura se puede obtener entonces únicamente por operaciones de deformación en caliente del tipo de forja y en condiciones específicas de puesta en práctica costosa.

55 A la vista de estos inconvenientes las gestiones del solicitante han sido pues reflexionar y encontrar una solución que permita paliar estos diferentes problemas.

60 De una manera completamente independiente y sin vínculo alguno con la fabricación aditiva, el solicitante ha desarrollado desde 1983, es decir, en un período que corresponde a aquél de la patente americana anteriormente citada, un concepto nuevo que llega las tecnologías de la fundición y de la forja de una pieza de aluminio o de aleación de aluminio. Esta tecnología ha sido desarrollada en la patente europea 119365 poniendo en práctica una primera fase de colada de una pieza de aluminio o de aleación de aluminio en un molde para constituir una preforma, ésta siendo a continuación sometida a una operación de forjado en una matriz de dimensiones más reducidas y permitiendo la obtención de la forma final a obtener con propiedades muy específicas recordadas en

dicha patente. Esta tecnología denominada de "colada-forja" está comercializada bajo la marca "COBAPRESS" que ahora se hace objeto de una explotación muy amplia en el ámbito mundial.

5 Forzoso es constatar que desde este período 1983 - 1984, es decir desde hace 30 años, las soluciones aportadas para remediar los inconvenientes de la fabricación aditiva anteriormente recordada son largos y costosos y no se ha encontrado solución alguna para la obtención de una microestructura bimodal necesaria en la gran mayoría de las piezas de estructura aeronáutica de aleación de titanio.

10 El solicitante, frente a los problemas por resolver para la fabricación aditiva, ha constatado que el problema de las micro porosidades que se encuentra en esta dicha fabricación está igualmente presente en el momento de la fabricación de piezas de fundición.

15 La gestión del solicitante se ha orientado pues hacia la investigación de una combinación inesperada de las dos tecnologías de fabricación aditiva y de colada - forja, aparentemente incompatible, de estas dos tecnologías que son conocidas desde el periodo 1983 -1984.

20 De manera completamente inesperada y a partir de ensayos efectuados por el solicitante, parece que la puesta en práctica en combinación de las dos tecnologías es susceptible de responder y remediar los inconvenientes constatados en la fabricación aditiva.

25 Según la invención, la solución desarrollada consiste en obtener una pieza en aleación metálica o en material compuesto de matriz metálica por fabricación aditiva para constituir una preforma, después forjar esta preforma en caliente, con calor medio o en frío en una etapa entre dos matrices de cara a la obtención de la forma final de la pieza a obtener, el procedimiento de fabricación estando caracterizado por que la preforma contiene zonas en donde el polvo no está soldado o parcialmente consolidado.

30 Se obtiene así la pieza en su forma final, que después del desbarbado o sin desbarbado, presenta las dimensiones funcionales para responder a las necesidades, sin la necesidad de mecanizados complementarios en zonas distintas de las funcionales con intervalos de tolerancia limitados.

De manera completamente inesperada, este procedimiento permite obviar los inconvenientes previamente citados y los límites observados en las piezas obtenidas por fabricación aditiva.

35 La etapa de forja que consiste en una deformación del material permite volver a cerrar y volver a soldar las micro porosidades con una unión homogénea de las diferentes capas de la estructura aditiva. Se obtiene así una ganancia de ductilidad y de resistencia a la fatiga.

40 Esta etapa de forja entre dos matrices pulidas permite también disminuir drásticamente la rugosidad de la superficie, lo que permite mejorar la resistencia a la fatiga así como el aspecto de la superficie.

45 Los ensayos efectuados se manifiestan muy prometedores. Indicación alguna de cada una de las tecnologías conocidas desde 1983 - 1984 podía sugerir su combinación puesto que el estado de obtención de la preforma era diferente, uno por fundición de la tecnología del "colado - forja" y el otro por fusión o sinterizado de los estratos sucesivos en el momento de la fabricación aditiva.

En el marco de la puesta en práctica de la invención, la pieza puede ser de aleación metálica (acero, hierro, aluminio, Inconel, níquel, titanio, cromo - cobalto) o de un material compuesto de matriz metálica (titanio - carburo de titanio, aluminio - alúmina, aluminio - carburo de silicio).

50 La segunda etapa del procedimiento según la invención de forjado de la preforma obtenida a partir de una fabricación aditiva puede ser efectuada en caliente, con calor medio o en frío. Las matrices pueden estar, si llega el caso, pulidas.

55 Según la invención, está tecnología de forjado con estampa de una preforma resultado de la fabricación aditiva se aplica a preformas que comprenden zonas de polvo no soldadas o parcialmente consolidadas, que son deformadas y soldadas el momento de la etapa de forjado.

60 La forja de preformas de polvo fabricadas por compactación uniaxial o isostática es ya un procedimiento existente. La técnica utilizada en la invención es novedosa en el sentido en el que el polvo está encerrado en el seno de la preforma que tiene el contorno soldado. El hecho de no soldar la integridad del polvo permite tener una ganancia importante en el tiempo del ciclo en el momento de la fabricación. En efecto, para sinterizar o hacer fundir el polvo en el momento de la fabricación aditiva, el láser o el haz de electrones debe barrer la integridad de la superficie de la pieza para cada capa. Realizando de manera optimizada la fusión del polvo únicamente sobre el contorno exterior de la preforma, estando ésta constituida por un cascarón soldado sólido que encierra el polvo parcialmente consolidado o no consolidado en el interior, se obtiene una preforma bajo la forma de cascarón sólido relleno de polvo no soldado. La forja de esta preforma permite obtener la pieza final. La soldadura del polvo en el momento de

la deformación en caliente es otro tanto más eficaz sobre las preformas fabricadas por fusión por haz de electrones (EBM - Electron Beam Melting) por el hecho de una fabricación bajo vacío que permite no encerrar gas en el seno del material.

5 Esta técnica tiene también como ventaja obtener una microestructura de granos finos por el hecho de que no existe fusión del polvo. En efecto, un crecimiento de los granos por epitaxia sobre la capa inferior ha sido observado en el momento de la fabricación aditiva de aleación de titanio. Este crecimiento comporta una microestructura con granos bastante gruesos que no es buena para las propiedades mecánicas. Sin fusión del polvo, se tiene una conservación de la finura de la microestructura. Las zonas no soldadas de la preforma proporcionan por lo tanto zonas con una  
10 microestructura muy fina sobre la pieza final puesto que la soldadura se efectúa en fase sólida en el momento de la etapa de forja. Esta estructura fina que no comprende textura cristalográfica es muy buena para las propiedades mecánicas estáticas y cíclicas de la pieza.

15 Las ventajas y los resultados inesperados en la puesta en práctica de la invención puesta así puesta en valor, constituyen un desarrollo considerable en el tratamiento de piezas metálicas, o de material compuesto de matriz metálica, resultantes de la fabricación aditiva.

**REIVINDICACIONES**

- 5
1. Procedimiento de fabricación de una pieza de aleación metálica o de material compuesto de materia metálica, según el cual:
- se realiza una preforma por fabricación aditiva por añadido de material por apilamiento de capas sucesivas,
  - se somete la preforma a una operación de forjado en una sola etapa entre dos matrices de cara a la obtención de la forma final de la pieza que se va a obtener,
- 10
- caracterizado por que la preforma contiene zonas en donde el polvo no está soldado o parcialmente consolidado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1 caracterizado porque la pieza de aleación metálica es de aleación a base de hierro, de aluminio, de níquel, de titanio, de cromo o de cobalto.
- 15
3. Procedimiento según la reivindicación 1 caracterizado porque la pieza de material compuesto es de aleación de titanio - carburo de titanio, aleación de aluminio - alúmina, aleación de aluminio - carburo de silicio.
- 20
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1, 2 y 3 caracterizado por que la operación de forjado de la preforma obtenida por fabricación aditiva se obtiene con calor medio o en frío o con calor.