

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 550 947**

51 Int. Cl.:

**B22F 3/105** (2006.01)

**B29C 67/00** (2006.01)

**B22F 3/23** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.04.2012 E 12715975 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.08.2015 EP 2699369**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un objeto por solidificación de un polvo con la ayuda de un láser**

30 Prioridad:

**19.04.2011 FR 1153365**

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

**13.11.2015**

73 Titular/es:

**PHENIX SYSTEMS (100.0%)  
Rue Richard Wagner Parc Européen  
d'Entreprises  
63200 Riom, FR**

72 Inventor/es:

**TEULET, PATRICK**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 550 947 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 un objeto por solidificación de un polvo con la ayuda de un láser

- 5 **[0001]** La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un objeto por solidificación de un polvo con la ayuda de un láser.
- [0002]** Por «polvo», se designa aquí un material pulverulento compuesto por uno o varios elementos así como una mezcla de varios materiales pulverulentos. En otros términos, por «polvo» se designa un polvo o una mezcla de  
10 polvos. Estos polvos pueden ser metálicos o minerales, por ejemplo un polvo de cerámica.
- [0003]** Se conoce la realización de objetos, de formas más o menos complejas, a partir de un polvo solidificando por fusión bajo el efecto de la energía térmica suministrada por un láser, ciertas zonas del polvo previamente esparcido en finas capas. Posteriormente, se designará con el término «sinterización» tal solidificación  
15 por tratamiento con la ayuda de un láser.
- [0004]** Cada capa de polvo se sinteriza, solamente al nivel de las zonas destinadas a formar las paredes del objeto terminado, previamente al esparcimiento y a la compactación de una capa suplementaria de polvo. Por pared, se designa aquí una parte de un elemento constitutivo de un objeto. Este elemento puede ser macizo, de diferentes  
20 formas geométricas o definir, al menos parcialmente, un volumen. Cuando se desea realizar por este procedimiento unos objetos que tienen al menos una pared fina, es decir una pared de grosor inferior a 1 mm, o bien unos objetos cuya relación de altura o diámetro del objeto sobre el grosor de la pared es superior a cinco, o incluso unas formas complejas con unas zonas en contra despulla, se observan unas dificultades de aplicación de los procedimientos conocidos.  
25
- [0005]** Estas dificultades se refieren a la sinterización del polvo y conllevan la aparición de defectos en el objeto realizado, especialmente una fragilidad de ciertas paredes del objeto. En efecto, la utilización de un láser para aportar, puntual y rápidamente, la energía necesaria para solidificar la zona destinada a formar la pared del objeto induce a una elevación local de la temperatura importante que puede alcanzar varios centenares de grados Celsius.  
30 Tal elevación de temperatura puede generar unas tensiones residuales especialmente cuando estas paredes son de reducido grosor y, por tanto, unas deformaciones localizadas de las paredes del objeto.
- [0006]** Por otro lado, en las zonas denominadas en contra-despulla, es decir en las zonas en las que la pared del objeto está en voladizo por encima de una zona de polvo no solidificada, se observan igualmente unas  
35 deformaciones. En efecto, cuando el haz de láser actúa sobre el polvo, se produce una elevación de temperatura, por radiación, del polvo de la zona cercana a la que está en curso de sinterización. Esta elevación de temperatura es particularmente sensible cuando las zonas cercanas son unas zonas situadas debajo de las anteriormente sinterizadas, en otros términos, cuando las zonas cercanas a la zona que se va a sinterizar están situadas en las capas inferiores del polvo con respecto a la capa sinterizada constitutiva de la pared del objeto. En estas capas  
40 inferiores, el polvo se sitúa bajo una zona en voladizo de la pared, es decir en una zona en contra-despulla. Un material en forma pulverulenta tiene una conductividad térmica inferior a la del mismo material solidificado, por tanto de mayor densidad. Esto se debe a la presencia de gas, por ejemplo de aire o de nitrógeno, entre los granos del material en polvo. Esta diferencia de conductividad térmica permite una solidificación del polvo esparcido en una capa superior, durante la sinterización, por encima de la capa anteriormente sinterizada y que forma la pared en  
45 curso de realización pero conlleva igualmente una solidificación del polvo situado en la capa inferior, debajo del sinterizado que forma la pared. De ese modo, existe la aparición de zonas solidificadas no previstas, por ejemplo de puntas o relieves en sobreespesor.
- [0007]** DE-A-100 42 132 divulga un método de fabricación de un objeto por solidificación de un polvo. Se  
50 deposita una primera capa de polvo. Después, se solidifica, con la ayuda de un láser, una primera zona de la capa que corresponde a una sección de una parte constitutiva del objeto terminado. Se solidifica igualmente al menos una segunda zona de la capa, estando esta segunda zona en contacto con la primera zona solidificada. Las condiciones de solidificación se adaptan para que la segunda zona solidificada presente una resistencia mecánica inferior a la primera zona solidificada. El objeto terminado comprende así una zona central, situada en medio del objeto, así  
55 como una capa de revestimiento que rodea la zona central. La zona central está parcialmente solidificada, mientras que la solidificación de la capa de revestimiento es total, lo que le confiere una gran dureza que permite la mecanización de la superficie exterior del objeto. Este objeto se presenta en forma de un volumen macizo y no consta por tanto de paredes finas. Por consiguiente, las dificultades de aplicación de los procedimientos de sinterización conocidos no están presentes.

**[0008]** La invención propone solucionar los inconvenientes mencionados más arriba con un procedimiento que permite realizar unos objetos con pared fina y/o de forma compleja y/o con volumen importante, que no presentan defecto estructural.

5

**[0009]** A tal efecto, la invención tiene como objeto un procedimiento de fabricación de un objeto por solidificación de un polvo o de una mezcla de polvos, tal como se define en la reivindicación 1.

**[0010]** Se realiza así una segunda zona solidificada pero de menor resistencia, alrededor de la zona que forma una sección de una parte constitutiva del objeto. Esta segunda zona solidificada es suficientemente resistente para asegurar un soporte de la primera zona solidificada, evitando así cualquier deformación durante el procedimiento de fabricación del objeto. Tal segunda zona, incluso si es mecánicamente más frágil que la primera zona, presenta una conductividad térmica más próxima a la de la primera zona que a la conductividad térmica del polvo o de la mezcla de polvos. De este modo, la diferencia entre las conductividades térmicas es suficientemente reducida para no generar ningún defecto estructural en el objeto.

**[0011]** Unos aspectos ventajosos pero no obligatorios de la invención se especifican en las reivindicaciones de 2 a 15.

**[0012]** La invención se comprenderá mejor y otras ventajas de esta se mostrarán más claramente con la lectura de la descripción que aparece a continuación de un procedimiento de fabricación conforme a un modo de realización de la invención, dada únicamente a título de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos anexos en los cuales:

- las figuras 1 y 2 son unas ilustraciones esquemáticas, de lado, respectivamente, de una etapa de colocación en una capa y de una etapa de solidificación con la ayuda de un láser de esta capa por un procedimiento del estado de la técnica, siendo representados unos defectos en la pared del objeto terminado,

- las figuras de 3 a 6 son unas ilustraciones esquemáticas, a la misma escala, de las etapas del procedimiento de fabricación conforme a la invención, a saber el esparcimiento de la capa y la sinterización de esta primera capa de polvo, después el esparcimiento de una segunda capa de polvo,

- la figura 7 es una sección según el plano VII-VII de la figura 6, a la misma escala, de un objeto realizado de este modo, antes de una etapa de acabado, y

- la figura 8 es una vista, a mayor escala, de la zona rodeada VIII de la figura 2, que muestra unos defectos que se presentan en una parte en contra despulla, durante la realización de una pared, según un procedimiento del estado de la técnica.

**[0013]** La figura 1 ilustra esquemáticamente la realización de un objeto 1 realizado a partir de un polvo P o de una mezcla de polvos, ya sea metálico o cerámico. Este objeto 1 a, en el ejemplo, una parte constitutiva 2, llamada de otro modo pared fina, es decir una pared de un grosor inferior a 1 mm. El objeto 1 es de un volumen relativamente importante con respecto a su sección transversal. Tal objeto 1 está hueco, representando su volumen interior la casi totalidad de su volumen total. Presenta unas zonas 3 y 4 de su pared 2 en voladizo, es decir en contra-despulla.

**[0014]** Un cilindro 5, montado rotativo en el sentido de la flecha F1 e ilustrado en las figuras 1, 4 y 6, asegura el esparcimiento y/o la compactación del polvo P, de manera ventajosa en varios pasajes, según la dirección de la flecha F2.

**[0015]** Como variante, otros órganos de esparcimiento pueden estar previstos, por ejemplo una rasqueta situada más abajo del cilindro, según la dirección de la flecha F2.

**[0016]** Como variante, la superficie externa del cilindro 5 no es lisa sino ranurada a fin de permitir la toma del polvo P, su esparcimiento y su compactación, conforme a la formación técnica de EP-A-1 641 580.

**[0017]** Se forma así sobre una zona de trabajo Z una primera capa 6 de polvo P compactado, cuyo grosor varía generalmente de 1  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$ , de forma preferencial de 15  $\mu\text{m}$  a 40  $\mu\text{m}$ . Esta zona de trabajo Z está formada por una placa de base, móvil en traslación según la dirección de la flecha F3. Esta placa de base se baja a medida que se forman unas capas de polvo P, a fin de que el cilindro 5 pueda esparcir y compactar el polvo P.

**[0018]** Ciertas zonas de esta capa 6 de polvo P van a ser sinterizadas, es decir solidificadas por la energía térmica aportada por un láser 8. Las zonas 7 solidificadas de este modo son constitutivas de las paredes 2 del objeto 1 terminado.

5 **[0019]** La figura 2 ilustra la etapa denominada de tratamiento por láser o sinterización para realizar un objeto 1 realizado con un procedimiento conocido del estado anterior de la técnica. La acción del láser 8, esquemáticamente ilustrado, sobre esta capa 6 esparcida y compactada genera la aparición de defectos 9 y 10 sobre el objeto 1.

10 **[0020]** Un primer tipo de defectos está constituido por unas deformaciones 9 de la pared fina 2. Estas deformaciones 9 provienen de la liberación de tensiones localizadas, debidas a la elevación de la temperatura de varios centenares de grados Celsius de una región dada de la pared 2, bajo la acción del láser 8.

15 **[0021]** Otro tipo de defectos, representado en la figura 2, se ilustra por unas puntas 10 que se extienden hacia el interior y el exterior del objeto 1. Estas puntas 10 aparecen cuando hay una contra-despulla, es decir una zona en la que la pared 2 está en voladizo con respecto al polvo P que ocupa una parte del volumen del objeto. Existe una diferencia de conductividad térmica entre la capa de polvo P ya tratada, es decir solidificada y que forma una sección de una parte constitutiva 2 del objeto 1 y el polvo P que se va a tratar, es decir no solidificado. Este último tiene una conductividad térmica inferior a la del polvo sinterizado, es decir al material solidificado, debido a la presencia de gas por ejemplo de aire o de nitrógeno, entre los granos del polvo. En otros términos, el material en forma de polvo es más refractario que el mismo material solidificado. Así, la acción del láser 8 sobre el polvo se hace sentir igualmente 20 más allá de la zona sobre la cual se dirige, lo que conlleva una solidificación del polvo P situado en el entorno inmediato de la zona objetivo del láser 8. Cuando el polvo P está situado por debajo de la pared 2 y en contacto con esta, como se representa en la figura 8, esto se traduce por unos defectos tales como se representan en las figuras 2 y 8, por ejemplo las puntas 10 situadas en los extremos libres de la pared 2 y orientadas hacia el interior y hacia el exterior del objeto. Como se ilustra en la figura 8, las deformaciones 9 aparecen entre el polvo P y la pared 2, sobre la cara 20 de esta última orientada hacia el interior del objeto. Durante el tratamiento por el láser 8, la energía térmica se transmite de la capa superior 60 de polvo P, por la pared 2, hasta el polvo situado debajo de la pared 2. Una cierta cantidad de este polvo P se solidifica entonces, de manera aleatoria e incontrolada, lo que genera las deformaciones 9. En otros términos, la cara 20 interior de la pared 2 no es regular. Cuando el extremo libre de la 30 pared 2 fina está sometido a la acción del láser 8, para solidificar una capa suplementaria 60 de polvo P, aparecen, debido al reducido grosor de la pared 2, unas deformaciones que forman las puntas 10.

35 **[0022]** En presencia de tales defectos y/o deformaciones 9 y 10, el pasaje del cilindro 5 para esparcir una capa suplementaria de polvo P sobre la capa 6 ya sinterizada se altera por la ausencia de planeidad y la presencia de un obstáculo en la capa de polvo solidificada. De este modo, esta nueva capa está mal esparcida y/o compactada, incluso no compactada del todo. Además, el rodillo puede estar ralentizado o bloqueado en su movimiento de traslación. Las puntas 10 pueden alterar además la superficie del cilindro 5. Por otro lado, estos defectos y/o deformaciones 9 y 10, forman un punto de debilidad estructural en el objeto terminado 1.

40 **[0023]** La invención consiste, a partir de este mismo polvo P o mezcla de polvos, en esparcirlo con la ayuda del mismo órgano de esparcimiento 5, en compactarlo y en tratar con la ayuda del láser 8 para realizar un objeto 1 con pared fina y/o con unas contra-despullas sin defecto y/o deformación.

45 **[0024]** Para ello, como se representa en la figura 3, durante una primera etapa, una primera capa 6 de polvo P se esparce, compactada después tratada por el láser 8. En esta capa 6, se solidifica, como anteriormente, una primera zona 7 que corresponde a la realización en sección transversal, por capas sucesivas, de la pared 2 del objeto 1 que se va a realizar, es decir de una sección de una parte constitutiva del objeto.

50 **[0025]** En una segunda etapa, se solidifica con la ayuda del láser 8 al menos una segunda zona del polvo P, no constitutiva del objeto terminado 1, es decir que esta segunda zona no forma parte del objeto 1. En el ejemplo, se prevén tales dos segundas zonas, con referencia 11 y 12. Estas zonas 11 y 12 son contiguas en contacto o, como variante, contiguas sin contacto, con en este caso, una diferencia del orden de la décima de milímetro entre las zonas 11 y 12 y la zona 7. Estas zonas 11 y 12 son de dimensiones casi más importantes que las dimensiones de la zona 7. Las zonas 11 y 12 están formadas, en este caso, en el polvo P a ambos lados de la zona 7. En otros 55 términos, las zonas 11 y 12 están situadas a cada lado de una sección de la pared 2 que se va a realizar. Durante esta segunda etapa, los parámetros de funcionamiento del láser 8 son diferentes. Están adaptados para que la solidificación del polvo P en las zonas 11 y 12 no sea completa. En otros términos, se trata de realizar las zonas 11 y 12 en las cuales el polvo P se solidifica, pero con una densidad menor y/o una porosidad superior a la zona 7 en la que el polvo P solidificado forma la pared 2. Así, estas zonas 11 y 12 son estructuralmente más frágiles que la zona

7 destinada a formar las paredes del objeto. No obstante, son suficientemente resistentes, por el tratamiento con la ayuda del láser 8, dicho de otro modo por sinterización, para formar un soporte o un refuerzo a las paredes 2 realizadas durante la aplicación del procedimiento. Incluso si las zonas 11 y 12 son más frágiles que las zonas 7, son más estables que el polvo P no tratado por el láser 8.

5

**[0026]** Para obtener las zonas 11 y 12, una de las soluciones reside en el hecho de que la energía térmica aportada al polvo P en las segundas zonas 11 y 12 es inferior a la energía aportada al polvo P para solidificar la primera zona 7.

10 **[0027]** Esta diferencia de energía térmica se obtiene, por ejemplo, utilizando una potencia de láser inferior y/o utilizando una misma potencia de láser pero con una velocidad de barrido superior. De manera ventajosa, se utiliza el láser 8 con una potencia inferior y una velocidad de desplazamiento superior.

**[0028]** En otros modos de realización no ilustrados, la variación de energía térmica se obtiene por otros medios conocidos en sí, por ejemplo modulando las trayectorias del haz del láser.

**[0029]** A título de ejemplo para unos polvos P metálicos, la diferencia de energía utilizada durante la sinterización de las zonas 7 y de las zonas 11 y 12 está comprendida entre el 10 y el 20% de la energía térmica del haz de láser necesario para sinterizar las zonas 7.

20

**[0030]** En un modo de realización no representado, se utilizan dos láseres, ya sean diferentes o idénticos pero regulados de forma diferente, de manera que se realicen simultáneamente las zonas 7 y las zonas 11 y 12. En otros términos, las etapas de sinterización de las zonas 7, 11 y 12 no son sucesivas sino simultáneas. Tal solución permite un ahorro de tiempo en la realización del objeto.

25

**[0031]** En todos los casos, el o los láseres utilizados son de manera ventajosa de longitud de onda fija. En otros términos, se utiliza una sola longitud de onda para la sinterización de las zonas 7, 11 y 12 de la capa 6 de polvo P.

**[0032]** En un modo de realización preferido, que simplifica la aplicación del procedimiento, el polvo o la mezcla de polvos, que constituye la capa 6, es homogéneo en la totalidad de la capa.

30

**[0033]** En otra variante no ilustrada, los polvos o mezclas de polvos, constitutivos de las zonas 7 y de las zonas 11 y 12 no son los mismos. En este caso, la naturaleza misma del polvo que forma las zonas 11 y 12 colabora en su debilidad estructural.

35

**[0034]** Las figuras de 4 a 6 ilustran un modo de realización que comprende una etapa suplementaria de sinterización del polvo P en una zona 13 no constitutiva del objeto 1, diferente y distinta de las zonas 11 y 12. Esta zona 13, una vez sinterizada, delimita una pared que rodea las otras zonas 11, 12 y 7. En la práctica, la sinterización de la zona 13 se realiza según las diversas posibilidades listadas más arriba en lo que se refiere a las zonas 11 y 12.

40

**[0035]** En otros términos, se rodean por una pared las zonas sinterizadas que corresponden al objeto 1. Esta pared 13 está sinterizada en unas condiciones, diferentes o no de las aplicadas durante la sinterización de las zonas 7, 11 y 12. En este caso, las condiciones están adaptadas para que la resistencia mecánica de la pared 13 sea intermedia entre la de la pared 2 y de las zonas 11 y 12. Como variante, la resistencia mecánica de la pared 13 es idéntica a la de la pared 2. De esta manera, la pared 13 protege y refuerza el soporte realizado por las zonas 11 y 12 al mismo tiempo que es fácil de destruir durante el acabado del objeto 1. La pared 13 es particularmente útil cuando se realiza un objeto de grandes dimensiones.

45

**[0036]** Esta tercera zona 13 forma así una pared de interrupción. Para ello, define un objeto de forma geométrica simple, especialmente de forma cilíndrica, con base circular o no, en función de la geometría del objeto 1.

50

**[0037]** En las figuras de 4 a 7, la diferencia de los trazos de llenado entre las zonas 11 y 12 situadas radialmente en el interior de la pared 13 y la zona situada en el exterior de esta pared representa la diferencia de estado del polvo, entre las zonas 11 y 12, donde se trata por el láser 8 y el exterior, donde no se solidifica.

55

**[0038]** Como se ilustra en la figura 4, el esparcimiento de una capa suplementaria de polvo P sobre estas capas ya sinterizadas no se altera por la presencia de los defectos.

**[0039]** Como se ilustra en la figura 5, la solidificación con la ayuda del láser 8 no induce ni a defecto ni a

deformación de las paredes 2 puesto que estas son mantenidas firmemente por las zonas 11 y 12 y 13 de menor resistencia que van a absorber, de manera relativamente similar el calor emitido por radiación durante el tratamiento de la primera zona. Como se ilustra en la figura 5, durante un último pasaje del láser 8, se sinteriza el polvo P para

5

**[0040]** Así, cuando se observa un objeto 1 visto en sección como en la figura 7, este presenta una serie de zonas concéntricas. La primera zona, partiendo del centro, es una zona 12 de menor resistencia que ocupa el volumen interior del objeto. Otra zona de reducido grosor delimita las paredes 2 del objeto 1. Otra zona 13, igualmente de reducido grosor, rodea el objeto 1. Una zona 11 de menor resistencia y similar a la zona 12 está situada entre las

10

**[0041]** Cuando el objeto 1 está terminado, es suficiente con efectuar la retirada de las zonas 11 y 12 y de la pared 13 de menor resistencia por unas técnicas conocidas en sí, por ejemplo por micro-arenado, por tratamiento con microesferas, por cepillado o con la ayuda de un chorro de agua. Estas zonas 11, 12 y 13, por definición, se

15

**[0042]** Se realizan por este método unos objetos con pared fina y/o de forma geométrica compleja que presentan especialmente numerosos volúmenes interiores. Este procedimiento es fácilmente aplicable con diferentes tipos de

20

**[0043]** La compactación de cada capa de polvo permite obtener unas zonas sinterizadas 7, 11, 12 y 13 suficientemente resistentes y que tienen una conductividad térmica controlada. Así, los defectos de fabricación se

25

**[0044]** Este procedimiento se puede utilizar con diferentes instalaciones existentes de solidificación de polvo por tratamiento de capas finas de polvo con la ayuda de un láser, siempre que se puedan regular los valores de la energía térmica suministrada por el láser.

30

**[0045]** La utilización de dos polvos de naturalezas diferentes, uno para realizar las zonas 11, 12, 13 denominadas de refuerzo y otro para realizar el objeto 1 permite, cuando el objeto se realiza en un material raro y/o costoso, economizar este último.

35

**[0046]** Tal procedimiento permite realizar unos objetos finos y/o de forma compleja.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de fabricación de un objeto (1) por solidificación de un polvo (P) o de una mezcla de polvos con la ayuda de al menos un láser (8), que comprende al menos unas etapas que consisten en:
- 5
- a) depositar con la ayuda de un órgano de esparcimiento (5) una capa (6) de polvo (P) o de mezcla de polvos sobre una zona (Z) de trabajo,
  - b) compactar con la ayuda de un órgano de compactación (5) esta capa (6),
  - c) solidificar con la ayuda de un láser (8) una primera zona (7) de la capa (6) compactada en la etapa b),
- 10 correspondiendo esta zona a una sección de una pared (2) constitutiva del objeto (1) terminado,
- d) solidificar al menos una segunda zona (11, 12) de la capa (6) compactada en la etapa b), estando esta segunda zona (11, 12) en contacto con la primera zona (7) solidificada, con unas condiciones de solidificación adaptadas para que esta segunda zona (11, 12) solidificada presente una resistencia mecánica inferior a la resistencia mecánica de la primera zona (7) solidificada,
- 15 - e) repetir las etapas de la a) a la d) hasta la obtención del objeto (1),
- f) tras la etapa e) y cuando el objeto (1) está terminado, realizar la retirada de las segundas zonas (11, 12) solidificadas con respecto a las primeras zonas (7) solidificadas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el polvo (P) o la mezcla de polvos es
- 20 metálica o mineral.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la etapa d) se realiza tras la etapa c).
- 25 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** durante la etapa d), se lleva una energía térmica menor al nivel de la segunda zona (11, 12) utilizando una energía térmica suministrada por el láser (8) inferior a la suministrada para solidificar la primera zona (7).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado porque** durante la etapa d), el láser (8) se
- 30 utiliza con una potencia inferior a la de la utilización del láser durante la etapa c).
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, **caracterizado porque**, durante la etapa d), el láser (8) se utiliza con una velocidad de desplazamiento superior a la de la utilización del láser durante la etapa c).
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** la etapa d) se realiza simultáneamente a la etapa c), utilizando un láser diferente del láser (8) utilizado en la etapa c).
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la capa
- 40 (6) está constituida por un polvo o una mezcla de polvos homogénea sobre la totalidad de la capa.
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones de 1 a 7, **caracterizado porque** la segunda zona (11, 12) está formada por un polvo (P) o una mezcla de polvos que presenta una naturaleza diferente del polvo (P) o de la mezcla de polvos en la cual se forma la primera zona (7).
- 45 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**, durante las etapas c) y d), el o los láseres (8) se utilizan con una longitud de onda única para solidificar las primeras (7) y segunda (11, 12) zonas.
11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**
- 50 comprende una etapa suplementaria que consiste en, durante una etapa g), tras la etapa c), solidificar una tercera zona (13) de la capa compactada en la etapa b), estando esta tercera zona (13) solidificada con unas condiciones de solidificación adaptadas para que su resistencia mecánica sea intermedia entre las de las primera (7) y segunda (11, 12) zonas, **porque**, durante la etapa e), la etapa g) se repite igualmente y **porque**, durante la etapa f), las terceras zonas (13) se retiran igualmente.
- 55 12. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque**, durante la etapa g), se conduce una energía térmica intermedia al nivel de la tercera zona (13), utilizando una energía térmica suministrada por el láser (8), que es inferior a la suministrada para solidificar la primera zona (7) y que es superior a la suministrada para solidificar la segunda zona (11, 12).

13. Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** la etapa g) se realiza simultáneamente a la etapa c) utilizando un láser diferente del láser (8) utilizado en la etapa c).
- 5 14. Procedimiento según una de las reivindicaciones de 11 a 13, **caracterizado porque** la tercera zona (13) está formada por un polvo (P) o una mezcla de polvos, que presenta una naturaleza diferente del polvo (P) o de la mezcla de polvos en la cual se forma la primera zona (7).
15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque**, durante  
10 la etapa f), las segundas zonas (11, 12) y, en su caso, las terceras zonas (13) se retiran de la primera zona (7) por micro-arenado, por tratamiento con microesferas, por cepillado o con la ayuda de un chorro de agua.



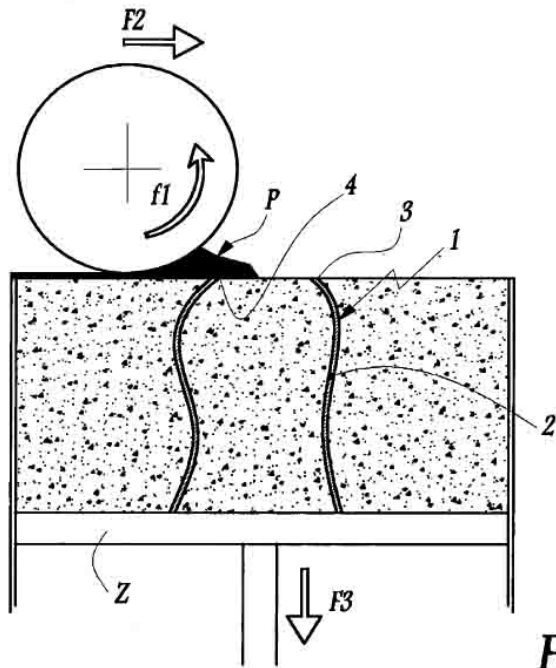


Fig. 1

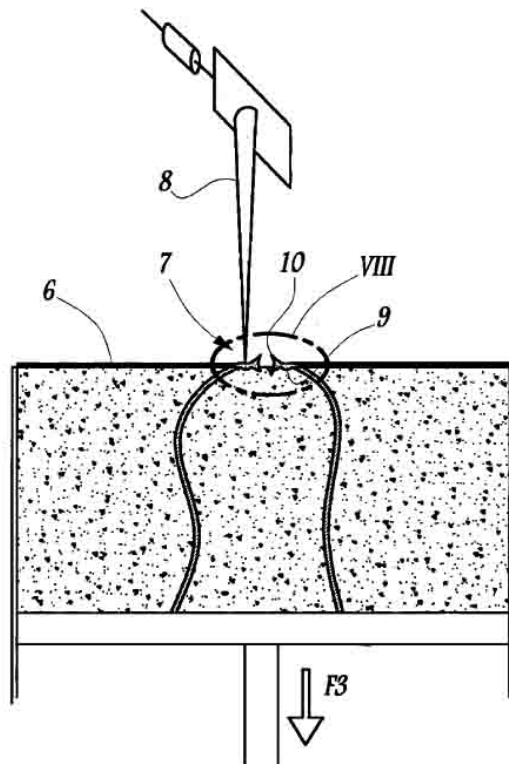


Fig. 2

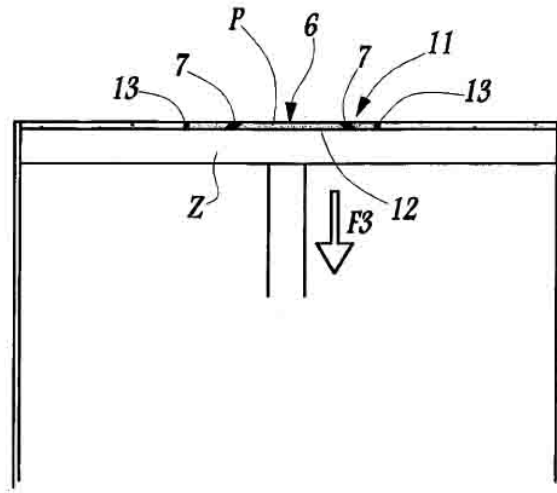


Fig.3

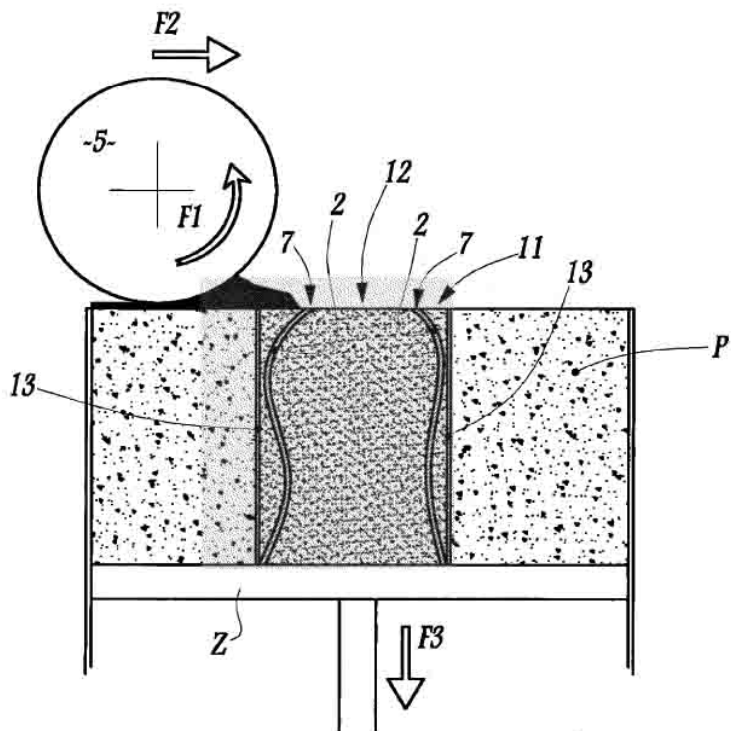


Fig.4

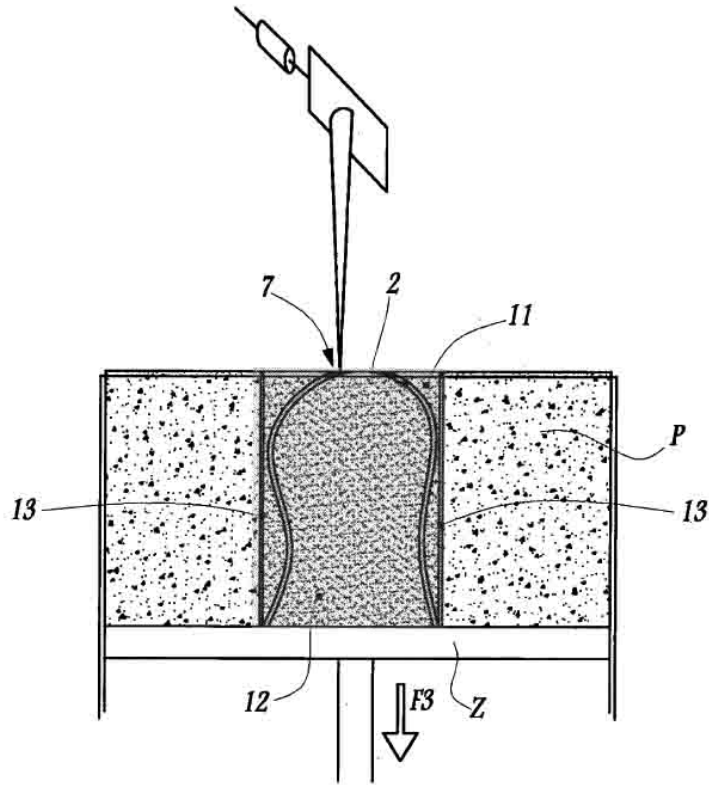


Fig. 5

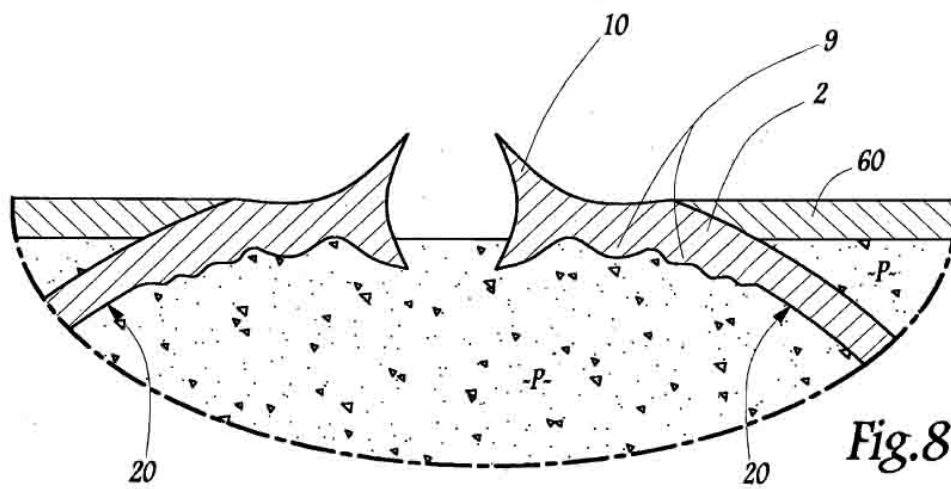


Fig. 8

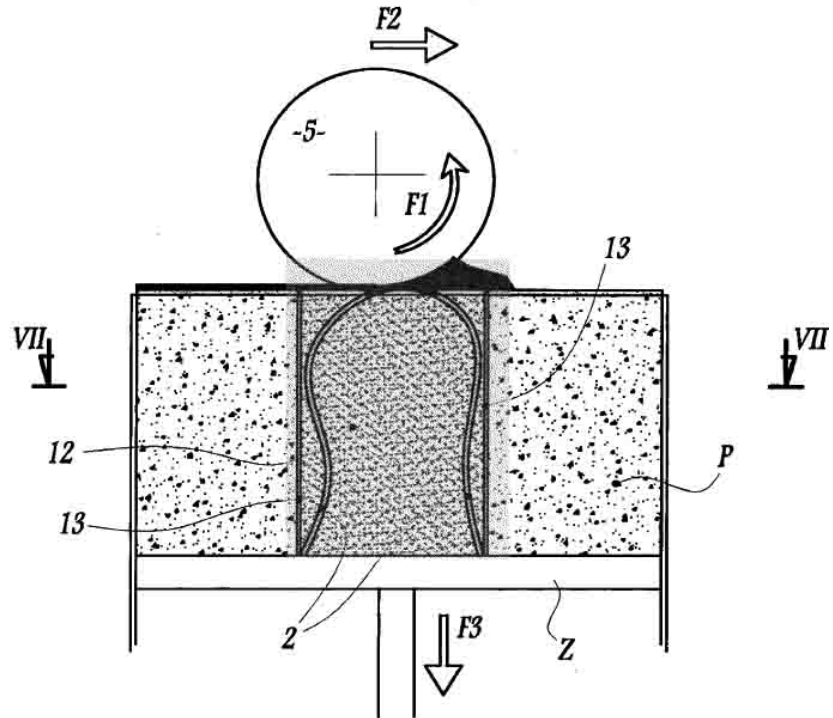


Fig. 6

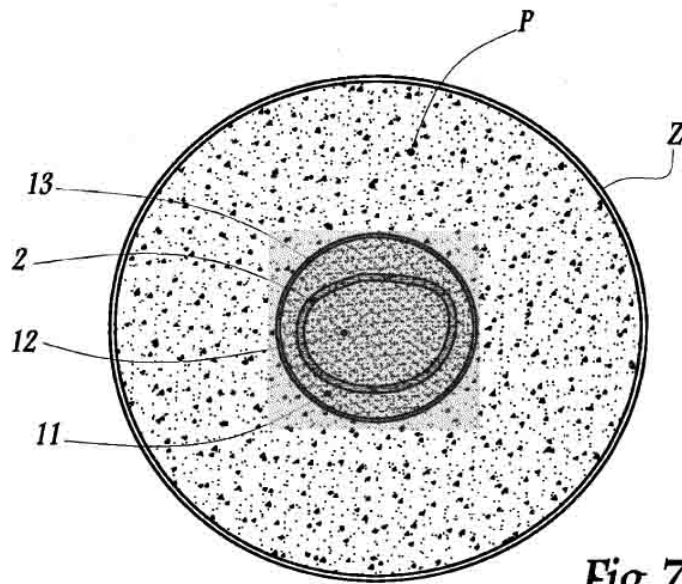


Fig. 7