

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/104536 A2

(43) Date de la publication internationale
9 août 2012 (09.08.2012)

WIPO | PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
B22F 3/105 (2006.01) *B23K 26/34* (2006.01)
B29C 67/00 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/050196
- (22) Date de dépôt international :
30 janvier 2012 (30.01.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
1150795 1 février 2011 (01.02.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : SNEC-
MA [FR/FR]; société anonyme, 2 Boulevard du Général
Martial Valin, F-75015 Paris (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : FLESCHE,
Thierry [FR/FR]; 10 rue des Chasseurs, F-77310 Pringy
(FR). MOTTIN, Jean-Baptiste [FR/FR]; 37 rue Jules Fer-
ry, F-86000 Poitiers (FR).
- (74) Mandataires : DAVID, Daniel et al.; Gevers France, 23-
bis rue de Turin, F-75008 Paris (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD,
SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR,
TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre
de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : SINTERING AND LASER FUSION DEVICE, COMPRISING A MEANS FOR HEATING POWDER BY INDUCTION

(54) Titre : DISPOSITIF DE FRITTAGE ET FUSION PAR LASER COMPRENANT UN MOYEN DE CHAUFFAGE DE LA POUDRE PAR INDUCTION

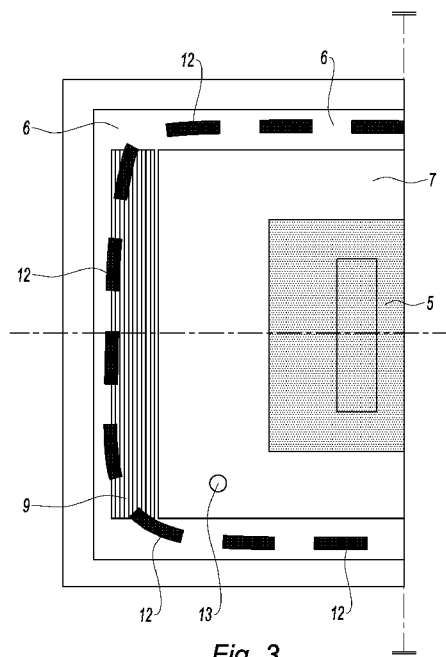


Fig. 3

(57) Abstract : The invention relates to a device for producing or building up a metal part by sintering and laser fusion, said device comprising a laser beam generator, a means for deflecting said beam in order to scan the surface of the part (5) to be produced, and a sintering pan (6) containing a metal powder (7) used to cover the surface of the part (5) and to be melted by the laser beam in order to thicken the part. The invention is characterised in that it also comprises at least one means (12) for heating powder contained in an area of said sintering pan by induction.

(57) Abrégé : Dispositif pour la réalisation ou le rechargement d'une pièce métallique par frittage et fusion par laser comprenant un générateur de rayon laser, un moyen de déviation dudit rayon pour balayer la surface de la pièce à réaliser (5), un bac de frittage (6) contenant une poudre métallique (7) destinée à couvrir la surface de la pièce (5) et à être fondue par le rayon laser pour épaissir ladite pièce, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un moyen de chauffage (12) par induction, de la poudre contenue dans une zone dudit bac de frittage.

WO 2012/104536 A2

Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée
dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

**DISPOSITIF DE FRITTAGE ET FUSION PAR LASER
COMPRENANT UN MOYEN DE CHAUFFAGE DE LA POUDRE PAR
INDUCTION.**

- 5 Le domaine de la présente invention est celui de la fabrication des pièces métalliques et plus particulièrement celui de la fabrication de ces pièces par la technique de la fusion laser sélective sur lit de poudre. Il couvre également le cas de la réparation ou de la reconstruction de pièces par rechargement de matière.
- 10 La technique de fabrication de pièces par frittage suivi d'une fusion par laser ou par un faisceau d'électrons est déjà connue et largement utilisée lorsqu'il s'agit de réaliser une pièce de prototypage rapide, c'est-à-dire de réaliser une pièce de forme complexe en peu de temps et en petite quantité. Le frittage est un procédé qui permet de réaliser des pièces mécaniques ou d'autres objets à partir de poudres
- 15 plus ou moins fines. Dans un premier temps, ces poudres sont agglomérées par divers procédés pour constituer une préforme, laquelle est ensuite chauffée pour acquérir une certaine cohésion. Une des techniques de chauffage couramment utilisées pour la réalisation de pièces métalliques par frittage est celle dite de la fusion laser. Dans ce procédé le matériau est présenté sous la forme d'une poudre
- 20 que l'on fait fondre sous l'action d'un laser de forte puissance (de 200W à quelques kW). La répétition d'un apport de poudre et de la fusion de celle-ci par le laser permet de faire épaisir progressivement la pièce et, par le choix d'un schéma approprié de balayage par le laser, d'obtenir les formes souhaitées.
- 25 La méthode utilisée pour la fabrication de ces pièces, lorsqu'elles sont réalisées en alliage de titane, de nickel ou base cobalt comme c'est le cas pour les pièces aéronautiques, génère des contraintes résiduelles importantes qui sont dues aux gradients thermiques générés par la fusion successives des couches. Ces gradients peuvent augmenter en fonction de la géométrie, de l'épaisseur, et des changements
- 30 de sections des pièces à produire. Et en fonction des matériaux, les contraintes résiduelles issues de ces gradients peuvent générer des déformations de la pièce durant la construction, et des fissurations ou des criques en utilisation.

Il importe donc de contrôler la température au cours du processus de fusion et de maintenir une température homogène dans la poudre afin de minimiser les contraintes résiduelles lors de la solidification.

5 Pour maîtriser ces gradients thermiques, différentes solutions existent, comme l'utilisation de plateaux chauffants, le chauffage des poudres par convection ou encore le préchauffage de la poudre en utilisant un faisceau haute énergie. Toutefois ces méthodes présentent plusieurs inconvénients. Le plateau chauffant se caractérise par un chauffage qui est localisé uniquement sur le plateau qui porte la
10 poudre, une température de préchauffage limitée et un chauffage non homogène dans l'épaisseur du bac de fabrication ; le chauffage des poudres par convection est, quant à lui, localisé sur la face supérieure du bac de fabrication et n'est pas homogène dans l'épaisseur de la poudre ; enfin le préchauffage par faisceau est, lui aussi, localisé sur la face supérieure du bac de fabrication et n'est pas, non plus,
15 homogène dans l'épaisseur du bac de fabrication.

Dans l'ensemble ces procédés ne permettent un contrôle de la température que très localisé et ne garantissent pas une température homogène dans la pièce en cours de construction.

20

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients en proposant un dispositif et une méthode permettant de pallier les inconvénients ci-dessus et donc, de réaliser ou de recharger des pièces par fusion laser sur lit de poudre dont les contraintes résiduelles après solidification soient minimales.

25

A cet effet, l'invention a pour objet un dispositif pour la réalisation ou le rechargement d'une pièce métallique par frittage et fusion par laser comprenant un générateur de rayon laser, un moyen de déviation dudit rayon pour balayer la surface de la pièce à réaliser, un bac de frittage contenant une poudre métallique
30 destinée à couvrir la surface de la pièce et à être fondue par le rayon laser pour épaissir ladite pièce, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un moyen de chauffage par induction, de la poudre contenue dans une zone dudit bac de frittage.

Le chauffage par induction permet de contrôler la température de la pièce et celui de la poudre qui l'environne et donc de piloter les gradients de températures au sein de la pièce.

- 5 Avantageusement le bac de frittage a la forme d'un cylindre, dont les parois latérales, (c'est-à-dire les parois formées par les génératrices du cylindre) portent une pluralité de moyens de chauffage par induction, lesdites parois étant réalisées en un matériau non susceptible de s'échauffer par induction.
- 10 De façon encore plus avantageuse le cylindre du bac de frittage comporte un fond mobile verticalement (le fond étant défini comme une surface coupant l'ensemble des génératrices du cylindre), les parois latérales étant entourées d'une pluralité de couches de moyens de chauffage, lesdites couches s'étageant sur toute la hauteur de débattement du fond mobile, et étant, chacune, constituée par une pluralité de
- 15 moyens de chauffage par induction positionnés à la même distance dudit fond mobile.

- Par ces moyens de chauffage multiples il est possible de réguler la température à la valeur que l'on souhaite, en chaque zone de l'amas de poudre contenu dans le bac
- 20 de frittage.

- De façon préférentielle le bac de frittage comporte un fond destiné à recevoir la pièce à réaliser, ledit fond étant muni d'un moyen de chauffage et de régulation de sa température. On évite ainsi les éventuels phénomènes de pompage thermique
- 25 au voisinage du fond.

- Dans un mode particulier de réalisation le dispositif comprend en outre au moins un moyen de mesure de la température de la poudre en un point situé au sein du bac de frittage.

- 30 Préférentiellement le bac de frittage porte une cane de mesure équipée d'au moins un thermocouple, ladite cane s'étendant de façon à traverser, au moins partiellement, l'amas de poudre contenu dans ledit bac.

Avantageusement le dispositif comprend en outre un moyen de régulation de la température d'un moins un point de l'amas de poudre par l'intermédiaire d'au moins un moyen de chauffage, ledit moyen de chauffage étant piloté en fonction de la valeur fournie par ledit moyen de mesure de la température de la poudre.

5

L'invention porte aussi sur un procédé de réalisation ou de rechargement d'une pièce métallique par frittage et fusion par laser, ladite pièce étant placée dans un bac de frittage contenant une poudre métallique destinée à être fondue par un rayon laser pour épaissir ladite pièce, le procédé comportant une étape de recouvrement de la pièce par une épaisseur de poudre sur sa surface à épaissir, une étape de fusion de la poudre par un balayage par ledit rayon laser, une étape de solidification par refroidissement de la matière fondue, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape de chauffage par induction de la poudre contenue dans ledit bac de frittage.

15

Dans un mode particulier de réalisation le chauffage par induction intervient préalablement à la fusion par laser.

Dans un autre mode de réalisation le chauffage par induction intervient postérieurement à la fusion par laser, de façon à réguler la température de la poudre contenue dans le bac de frittage, au cours de la phase de solidification de la partie liquide de la pièce.

L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description explicative détaillée qui va suivre, d'un mode de réalisation de l'invention donné à titre d'exemple purement illustratif et non limitatif, en référence aux dessins schématiques annexés.

30 Sur ces dessins :

- la figure 1 est une vue schématique d'une machine de frittage par fusion laser,
- la figure 2 est une vue schématique, en coupe verticale, d'une machine de frittage par fusion laser, selon un mode de réalisation de l'invention, et
- la figure 3 est une vue de dessus de la machine de la figure 2.

En se référant à la figure 1, on voit une machine pour la réalisation d'une pièce métallique par frittage et fusion laser.

5 Un générateur 1 de faisceau laser émet un rayon laser 2 qu'il dirige sur un ensemble de miroirs réfléchissants 3, dont le dernier miroir 4 est pivotant de façon à assurer un balayage de la surface de la pièce à réaliser 5. Il convient de noter que le transport du faisceau laser n'est pas forcément assuré par des miroirs, une fibre optique pouvant être utilisée, en fonction de la longueur d'onde du laser utilisé, et le
10 balayage du faisceau laser pouvant être réalisé par d'autres moyens, comme des lentilles F-Theta.

La pièce 5 est posée sur un plateau de fabrication 10 situé en vis-à-vis du faisceau laser 2 ; elle est par ailleurs plongée dans un bac 6 de façon à pouvoir être
15 régulièrement recouverte d'une couche de la poudre métallique 7 adaptée au frittage. Un second bac 8, d'alimentation en poudre, est positionné à côté du bac de frittage 6 et est rempli de cette poudre de frittage 7. Un dispositif du type piston 9 permet de déplacer une quantité de poudre 7, du bac d'alimentation 8 vers le bac de frittage 6, pour recouvrir la pièce 5 d'une couche de poudre d'épaisseur donnée.
20 L'épaisseur de cette couche correspond à celle dont peut être augmentée celle de la pièce au cours d'une passe de fusion par le rayon laser 2, aux facteurs de compaction et de retrait de solidification près. Des dispositifs de descente du bac de frittage 6 et de montée du bac d'alimentation 8 permettent, d'une part, de conserver la pièce à fritter 5 au niveau de l'affleurement des parois du bac 6, et d'autre part,
25 d'amener une couche de poudre métallique 7 ayant la bonne épaisseur, en face du piston 9 du bac d'alimentation 8.

Le frittage de la pièce 5 et la fusion de la poudre par le laser s'effectuent par une succession d'opérations élémentaires se déroulant de la façon suivante : la pièce 5
30 affleurant le haut des parois du bac de frittage 6, le piston 9 est déplacé en direction de ce bac 6 pour qu'il dépose l'épaisseur souhaitée de poudre 7 sur la pièce 5 puis il est remis en position d'attente à l'extrémité du bac d'alimentation 8. Le faisceau laser 2 effectue un balayage de la surface de la pièce à l'aide du miroir oscillant 4, ce qui provoque la fusion de la couche de poudre métallique et son agrégation à la

pièce 5, et ce qui accroît l'épaisseur de celle-ci en conséquence. La pièce 5 est ensuite tirée vers le bas pour compenser l'augmentation de son épaisseur et pour que sa surface revienne à l'affleurement du bac de frittage 6, tandis que le bac d'alimentation 8 est soulevé pour remettre une quantité adéquate de poudre métallique 7 en face du piston 9. Ce processus est répété le nombre de fois qu'il est nécessaire pour aboutir à la géométrie et aux cotes souhaitées pour la pièce 5.

En se référant maintenant aux figures 2 et 3, on voit un dispositif permettant la réalisation de pièces par frittage et fusion par laser selon l'invention.

10

La pièce à réaliser 5 est posée sur le plateau de fabrication 10 qui est mobile verticalement sous l'action d'un piston de descente 11, et recouverte d'une poudre de frittage 7 amenée par un piston d'alimentation 9, en provenance d'un bac d'alimentation (non représenté). Ici le bac de frittage 6 est représenté sous une forme cubique, sans que cette forme soit impérative. A l'intérieur des parois de ce bac de frittage sont noyées tout une série d'inducteurs 12 qui sont reliés à une alimentation électrique, non représentée, et dont le but est de donner à l'amas de poudre la température désirée. Horizontalement, ces inducteurs sont disposés régulièrement sur la périphérie du bac de frittage 6 de façon à donner à l'amas de poudre une température la plus homogène possible ; verticalement, plusieurs série d'inducteurs sont empilées les unes au dessus des autres de façon à assurer le chauffage de la poudre quelle que soit la taille obtenue par la pièce 5, c'est-à-dire quelle que soit la position prise par le plateau de fabrication 10 dans le plan vertical. Les séries d'inducteurs s'étendent ainsi jusqu'à la partie inférieure des parois verticales du bac de frittage 6.

25

Au milieu du bac de frittage, à une distance des parois du bac de frittage et de la pièce à fabriquer qui est compatible avec les opérations à réaliser, on trouve une canne de contrôle 13 qui traverse le plateau de fabrication 10 et qui s'étend verticalement sur toute la hauteur du bac de frittage. Le plateau de fabrication 10 est ainsi percé d'un trou qui lui permet de se déplacer verticalement en fonction de la progression de l'épaississement de la pièce 5, sans interférer avec la canne de contrôle 13. Cette canne porte une pluralité de moyens de mesure de la température de la poudre, comme par exemple des thermocouples, qui sont disposés

30

régulièrement sur sa hauteur. Ils ont vocation à mesurer la température de la poudre 7 lorsque la position du plateau 10 est telle que ces thermocouples 14 sont au dessus dudit plateau et qu'ils sont ainsi au contact de la poudre 7.

- 5 On va maintenant décrire le fonctionnement du dispositif selon l'invention pour la réalisation d'une pièce par frittage et fusion laser. La réparation d'une pièce par rechargement de matière s'effectue de façon analogue.

10 La réalisation de la pièce se déroule sensiblement de la même façon qu'avec un dispositif classique, c'est-à-dire que de la poudre, prélevée dans le bac d'alimentation 8 est apportée par le piston d'alimentation 9 au dessus de la pièce 5 dont on veut augmenter l'épaisseur. Un rayon laser 2 est envoyé sur cette poudre selon un schéma de balayage qui décrit la surface à épaissir et qui fait fondre localement la poudre, de façon à l'agglomérer à la pièce existante.

15 L'invention s'en distingue toutefois en ce que le dispositif est complété par une série d'inducteurs 12 dont la fonction est de réguler la température de la poudre 7 au cours de la phase de solidification du métal fondu et de son agglomération à la pièce existante.

20 Ces inducteurs, qui équipent le pourtour du plateau de fabrication et enveloppent l'article en cours de fabrication, constituent un système chauffant pour la poudre du fait de la constitution métallique de celle-ci. Ils sont séparés de la poudre 7 par l'intermédiaire des parois du bac de frittage 6, qui sont réalisées dans un matériau
25 permettant le chauffage par induction de la poudre mais qui ne s'échauffent quasiment pas sous l'effet des courants induits.

Ce système chauffant est piloté par un système de régulation de la température de la poudre dans ses différentes zones à partir des informations de température
30 mesurées par la canne de contrôle 13 et ses thermocouples 14. Ces mesures de températures permettent de piloter le chauffage des inducteurs 12 afin de réguler la température de la pièce 5 en construction et de la poudre 7 qui l'entoure. Compte tenu du nombre importants d'inducteurs présents autour du bac de frittage 6 la régulation de la température de la poudre peut être réalisée par zone, ce qui donne

un meilleur contrôle du refroidissement et de la solidification, en prenant en compte certains paramètres particuliers comme, par exemple, l'épaisseur de matière déjà agglomérée en chaque point de la pièce et donc ses caractéristiques locales en termes de conduction et de convection.

5

Un programme de pilotage du réchauffement par induction, dont la mise au point est à la portée d'un homme du métier, définit l'intensité électrique qui doit traverser chaque inducteur pour obtenir la température recherchée en chaque point du bac de poudre. Au besoin une phase de mise au point de ce programme peut être réalisée en effectuant un étalonnage sur une pièce de référence, pour chacun des types

10 d'alliage dans lequel la réalisation d'une pièce est envisagée.

L'invention permet ainsi, en effectuant des mesures à différentes hauteurs à l'aide des thermocouples 14 de la canne 13 de s'assurer de la bonne température de la

15 poudre en tout point du bac de fabrication, et donc de garantir le refroidissement correct de la pièce 5 au cours de sa réalisation.

Le dispositif peut être complété par un système de chauffage du plateau de mise au point de la régulation du système pour éviter des phénomènes de pompage

20 thermique qui pourraient apparaître du fait de la présence en fond du bac 6 d'un plateau de fabrication froid. Le chauffage de ce plateau peut être réalisé par tout moyen classique, tel par exemple qu'un ensemble de cannes chauffantes qui le traversent dans son épaisseur.

Dans un mode particulier de réalisation la position de la canne de contrôle 13 peut ne pas être fixe mais être adaptable en fonction de la pièce à produire et de la forme de celle-ci. A cet effet, plusieurs emplacements possibles sont prévus pour l'orifice par lequel la canne 13 traverse le plateau de fabrication 10. On peut ainsi affiner les

25 mesures thermiques réalisées et optimiser le réchauffement en chaque point de la30 poudre 7.

REVENDICATIONS

1. Dispositif pour la réalisation ou le rechargement d'une pièce métallique par frittage et fusion par laser comprenant un générateur (1) de rayon laser (2), un moyen de déviation (4) dudit rayon pour balayer la surface de la pièce à réaliser (5), un bac de frittage (6) contenant une poudre métallique (7) destinée à couvrir la surface de la pièce (5) et à être fondue par le rayon laser (2) pour épaissir ladite pièce, caractérisé en ce qu'il comprend en outre au moins un moyen de chauffage (12) par induction, de la poudre contenue dans une zone dudit bac de frittage.

2. Dispositif selon la revendication 1 dans lequel le bac de frittage (6) a la forme d'un cylindre, dont les parois latérales portent une pluralité de moyens de chauffage par induction (12), lesdites parois étant réalisées en un matériau non susceptible de s'échauffer par induction.

3. Dispositif selon la revendication 2 dans lequel le cylindre du bac de frittage (6) comporte un fond mobile verticalement (10), les parois latérales étant entourées d'une pluralité de couches de moyens de chauffage, lesdites couches s'étageant sur toute la hauteur de débattement du fond mobile, et étant, chacune, constituée par une pluralité de moyens de chauffage par induction (12) positionnés à la même distance dudit fond mobile.

4. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel le bac de frittage (6) comporte un fond (10) destiné à recevoir la pièce à réaliser, ledit fond étant muni d'un moyen de chauffage et de régulation de sa température.

5. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 4 comprenant en outre au moins un moyen de mesure (14) de la température de la poudre (7) en un point situé au sein du bac de frittage (6).

6. Dispositif selon la revendication 5 dans lequel le bac de frittage (6) porte une cane de mesure (13) équipée d'au moins un thermocouple (14), ladite cane s'étendant de façon à traverser, au moins partiellement, l'amas de poudre (7) contenu dans ledit bac (6).

7. Dispositif selon l'une des revendications 5 ou 6 comprenant en outre un moyen de régulation de la température d'un moins un point de l'amas de poudre (7) par l'intermédiaire d'au moins un moyen de chauffage (12), ledit moyen de

chauffage étant piloté en fonction de la valeur fournie par ledit moyen de mesure de la température de la poudre (14).

8. Procédé de réalisation ou de rechargement d'une pièce métallique par frittage et fusion par laser, ladite pièce étant placée dans un bac de frittage (6) contenant une poudre métallique (7) destinée à être fondue par un rayon laser (2) pour épaissir ladite pièce (5), le procédé comportant une étape de recouvrement de la pièce par une épaisseur de poudre sur sa surface à épaissir, une étape de fusion de la poudre par un balayage par ledit rayon laser, une étape de solidification par refroidissement de la matière fondue, caractérisé en ce qu'il comprend en outre une
5
10 étape de chauffage par induction de la poudre contenue dans ledit bac de frittage.

9. Procédé selon la revendication 8 dans lequel le chauffage par induction intervient préalablement à la fusion par laser.

10. Procédé selon l'une des revendications 8 ou 9 dans lequel le chauffage par induction intervient postérieurement à la fusion par laser, de façon à
15 réguler la température de la poudre (7) contenue dans le bac de frittage, au cours de la phase de solidification de la partie liquide de la pièce (5).

1 / 2

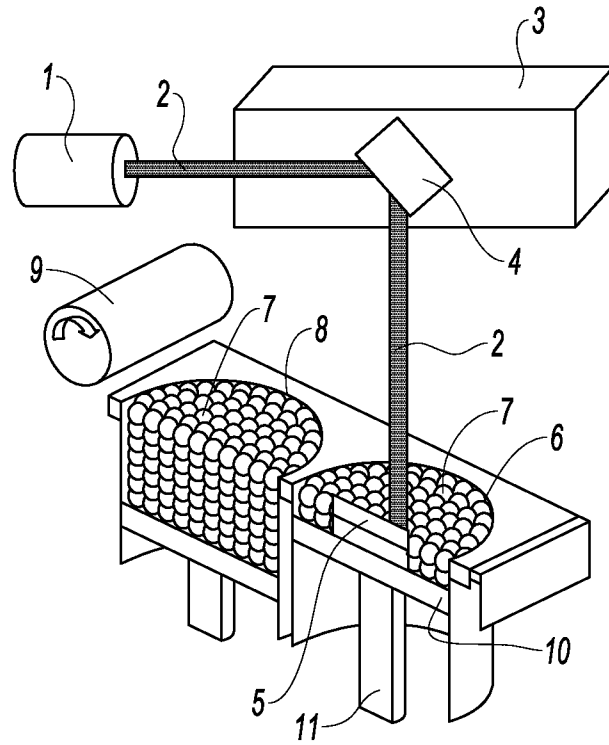


Fig. 1

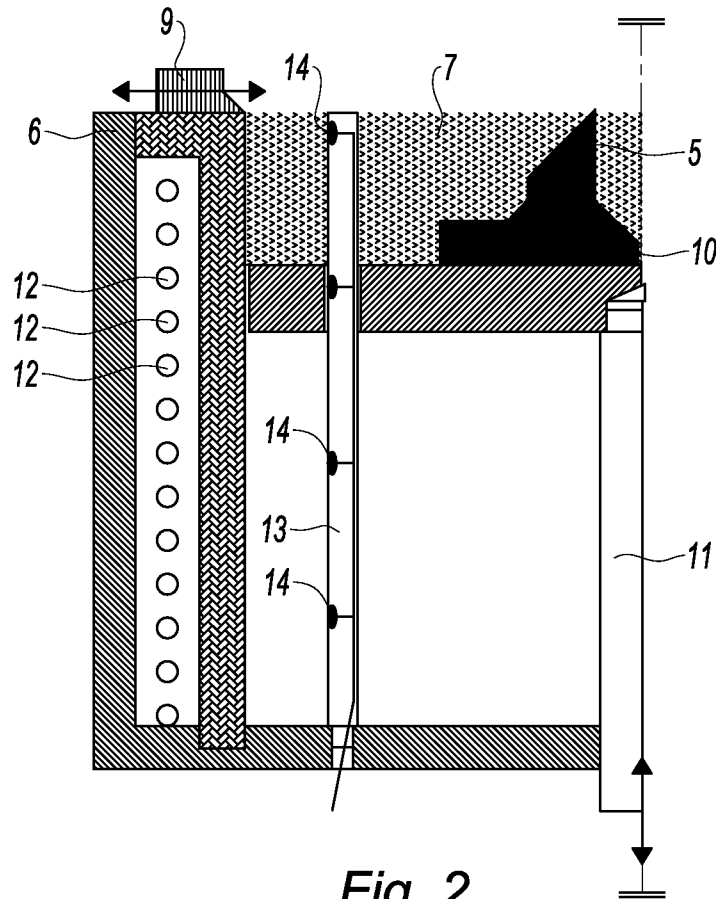


Fig. 2

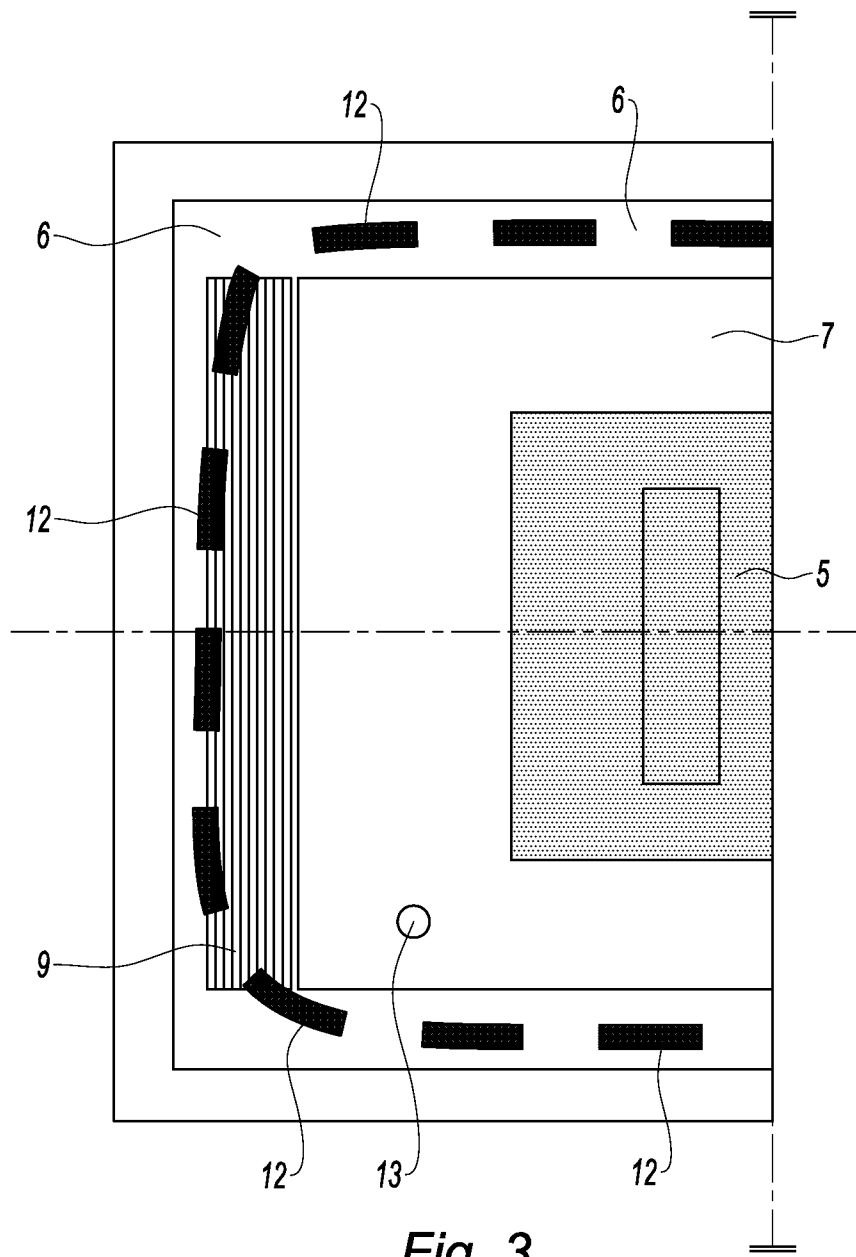


Fig. 3