

(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 2020/254145 A1**

(43) Date de la publication internationale  
24 décembre 2020 (24.12.2020)

(51) Classification internationale des brevets :

*B22F 3/105* (2006.01)      *G04D 3/00* (2006.01)  
*B22F 7/08* (2006.01)      *G04B 45/00* (2006.01)  
*B33Y 10/00* (2015.01)      *G04B 37/22* (2006.01)  
*B33Y 80/00* (2015.01)

(71) **Déposant :** THE SWATCH GROUP RESEARCH AND DEVELOPMENT LTD [CH/CH] ; Rue des Sors 3, 2074 Marin (CH).

(72) **Inventeurs :** MIKO, Csilla ; Chemin du Covet 1, 1417 Essertines-sur-Yverdon (CH). BRAIT, Anaïs ; Rue de Vigneule 28, 2740 Moutier (CH).

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/EP2020/065925

(22) Date de dépôt international :

09 juin 2020 (09.06.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

19181282.5      19 juin 2019 (19.06.2019)      EP

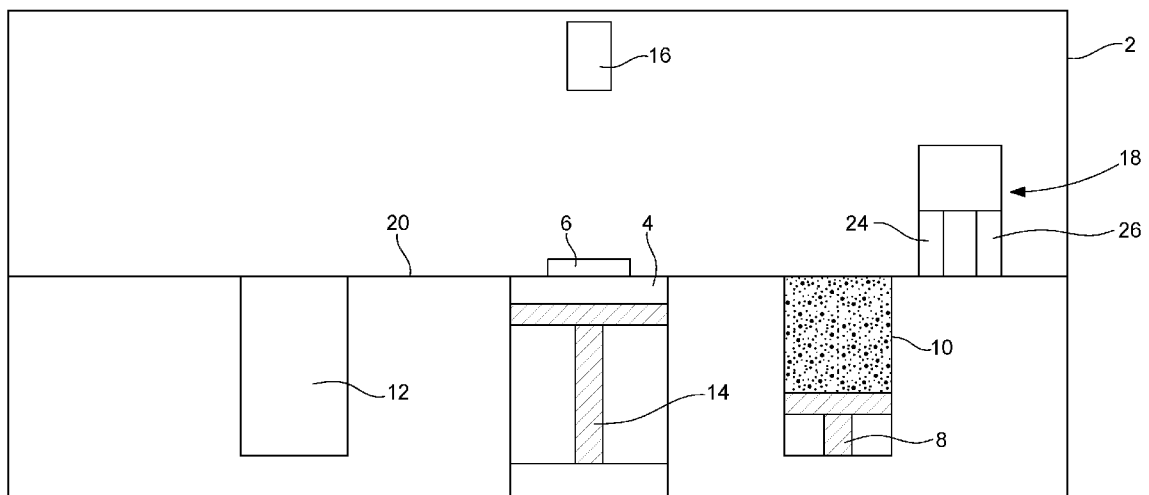
(74) **Mandataire :** ICB SA ; Faubourg de l'Hôpital 3, 2001 Neuchâtel (CH).

(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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,

(54) **Title:** METHOD FOR LASER BEAM ADDITIVE MANUFACTURING OF A MACHINE PART WITH TECHNICAL AND/OR DECORATIVE FUNCTION AND MACHINE PART WITH TECHNICAL AND/OR DECORATIVE FUNCTION

(54) **Titre :** PROCEDE DE FABRICATION ADDITIVE PAR FAISCEAU LASER D'UNE PIECE MECANIQUE A FONCTION TECHNIQUE ET/OU DECORATIVE ET PIECE MECANIQUE A FONCTION TECHNIQUE ET/OU DECORATIVE

Fig. 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for laser additive manufacturing of a machine part (32) with a technical and/or decorative function, the method comprising the steps of: - providing a laser beam (16) the operation of which is controlled by means of a computer into which a CAD file is entered, which is divided into one or more layers which, once superimposed, enable the structure (30) of the desired machine part (32) to be formed; - providing a ceramic material substrate (6) and arranging it in a manufacturing chamber (2) in which a neutral gas atmosphere is created; - depositing on the substrate (6) at least one first layer (28) of a first metallic

WO 2020/254145 A1

MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,  
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,  
SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasién (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée:**

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

---

material powder to be fused; - levelling the first layer (28) of the first metallic material to be fused; - subjecting the first layer (28) of the first metallic material to a selective fusing step by means of the laser beam (16) in line with the CAD file; - if need be, depositing on the substrate (6) a second layer of a first metallic material powder or of a second metallic material powder which is different from the first metallic material powder; - levelling the second layer and subjecting said second layer to a step of selected fusion by means of the laser beam (16); - if need be, repeating the steps until the desired machine part (32) is produced; - taking the machine part (32) out of the manufacturing chamber (2), removing the surplus material and cleaning the assembly, and, if need be, subjecting the part to finishing operations such as polishing.

**(57) Abrégé :** L'invention concerne un procédé de fabrication additive par laser d'une pièce mécanique (32) à fonction technique et/ou décorative, ce procédé comprenant les étapes de : - se munir d'un faisceau laser (16) dont le fonctionnement va être commandé au moyen d'un ordinateur dans lequel est introduit un fichier informatique CAO qui est découpé en une ou plusieurs strates qui, une fois superposées, permettent de former la structure (30) de la pièce mécanique (32) recherchée; - se munir d'un substrat (6) réalisé en un matériau céramique et le disposer dans une enceinte de fabrication (2) dans laquelle on crée une atmosphère d'un gaz neutre; - déposer sur le substrat (6) au moins une première couche (28) d'une poudre d'un premier matériau métallique à fusionner; - égaliser la première couche (28) du premier matériau métallique à fusionner; - soumettre au moyen du faisceau laser (16) la première couche (28) du premier matériau métallique à une étape de fusion sélective en accord avec le fichier informatique CAO; - le cas échéant, déposer sur le substrat (6) une deuxième couche d'une poudre du premier matériau métallique ou bien d'un deuxième matériau métallique qui est différent du premier matériau métallique; - égaliser la deuxième couche et soumettre cette deuxième couche à une étape de fusion sélective au moyen du faisceau laser (16); - le cas échéant, répéter les opérations jusqu'à obtenir la pièce mécanique (32) recherchée; - sortir la pièce mécanique (32) de l'enceinte de fabrication (2), enlever le surplus de matériau et nettoyer l'ensemble et, le cas échéant, soumettre la pièce à des opérations de finition comme le polissage.

PROCEDE DE FABRICATION ADDITIVE PAR FAISCEAU  
LASER D'UNE PIECE MECANIQUE A FONCTION TECHNIQUE  
ET/OU DECORATIVE ET PIECE MECANIQUE A FONCTION  
TECHNIQUE ET/OU DECORATIVE

5

Domaine technique de l'invention

La présente invention concerne un procédé de fabrication additive par faisceau laser de pièces mécaniques. La présente invention concerne également de telles pièces mécaniques notamment obtenues par la mise en œuvre du procédé de fabrication additive.

10

Arrière-plan technologique de l'invention

La technique de fabrication additive par fusion laser de pièces métalliques est connue depuis plus de deux décennies et est employée en particulier dans le domaine de la construction aéronautique et automobile.

15

Brièvement décrit, le procédé de fusion sélective au moyen d'un faisceau laser, également connu sous sa dénomination anglo-saxonne Selective Laser Melting ou SLM, est une technique de prototypage rapide par fusion d'une poudre d'un matériau métallique au moyen d'un faisceau laser tel qu'un laser au dioxyde de carbone CO<sub>2</sub> ou un laser YAG dont la puissance maximale est typiquement comprise entre 100 Watts et 2 à 3 kilowatts. Ce procédé de fusion sélective est utilisé pour créer, strate après strate, des objets tridimensionnels à partir de poudres de matériaux métalliques qui sont portées à leur température de fusion grâce à l'énergie fournie par le faisceau laser.

25

Le procédé classique de fabrication additive par laser commence par l'élaboration d'un fichier informatique de type CAO (Conception Assistée par Ordinateur) qui va permettre de définir le volume de la pièce que l'on cherche à concevoir. Ce fichier informatique comprend une ou plusieurs strates à

deux dimensions qui, lorsqu'on les superpose, permettent de reconstituer la pièce que l'on souhaite concevoir.

Après avoir étalé une couche d'épaisseur uniforme d'un matériau métallique à l'état de poudre sur une plateforme d'une machine de fabrication additive par faisceau laser, le faisceau laser trace une première strate 2D sur la surface de la couche de poudre métallique. Sous l'effet de l'énergie lumineuse apportée par le faisceau laser, la poudre métallique fond, puis se solidifie conformément au tracé de la première strate à 2 dimensions utilisée pour commander le déplacement du faisceau laser. Une nouvelle couche de poudre métallique est étalée sur toute la surface de la plateforme, puis le processus consistant à porter les particules de poudre métallique à leur température de fusion au moyen du faisceau laser est répété jusqu'à ce que la pièce soit terminée.

La fabrication de la pièce par impression additive se fait directement à la surface de la plateforme comme décrit ci-dessus. Dans certains cas, cette fabrication débute par la réalisation, couche après couche, d'un support sur la plateforme, et se poursuit par la réalisation de la pièce proprement dite. Le support sert dans ce cas à soutenir mécaniquement la pièce au fur et à mesure de sa fabrication sur la plateforme de la machine d'impression et permet d'évacuer la chaleur produite par la fusion de la poudre métallique au moyen du faisceau laser.

La pièce ainsi obtenue doit ensuite être précautionneusement retirée de la plateforme de la machine de fabrication additive et nettoyée de la poudre non fusionnée qui l'entoure. Dans le cas où la pièce a été fabriquée avec un support, on sépare la pièce de ce dernier.

L'un des inconvénients des procédés de fabrication additive par laser classiques réside dans le fait qu'après achèvement de la pièce recherchée, cette pièce doit être désolidarisée de la plateforme de la machine de fabrication additive puis, le cas échéant, détachée de son support. Il s'agit là d'une opération délicate qui demande beaucoup de temps et au cours de

laquelle, malgré les précautions prises, de nombreuses pièces se déforment plastiquement et doivent être mises au rebut.

Une autre technique de fabrication additive par faisceau laser consiste à se munir d'un substrat que l'on installe dans la machine avant le début des  
5 opérations de fabrication. Ce substrat sur lequel la pièce va être fabriquée vient à fleur avec la surface de la plateforme de la machine de fabrication additive.

Le substrat qui est métallique permet d'évacuer efficacement la chaleur provoquée par la fusion de la poudre et donc de relaxer au moins en  
10 partie les contraintes thermiques qui sont présentes dans la pièce en cours de fabrication. Un traitement thermique additionnel après impression de la pièce permettra d'éliminer complètement les contraintes thermiques. La poudre métallique au moyen de laquelle la pièce est fabriquée est le plus souvent de même nature que le matériau dans lequel est réalisé le substrat  
15 car cela favorise l'accrochage de la pièce sur le substrat. Parfois, la composition de l'alliage dans lequel est réalisée la poudre varie légèrement par rapport à la composition de l'alliage du substrat. Il a déjà également été proposé d'utiliser pour fabriquer la pièce une poudre réalisée dans un métal différent de celui dans lequel est réalisé le substrat, ceci pour des raisons de  
20 coût par exemple lorsqu'on utilise un métal précieux pour réaliser la pièce, ou bien lorsqu'on utilise un métal différent à usiner comme le titane.

Par conséquent, jusqu'à présent, pour la fabrication additive de pièces au moyen d'un faisceau laser, le choix du matériau pour le substrat et pour la pièce fabriquée par impression additive sur le substrat se limitait le plus  
25 souvent au même métal pour le substrat et la pièce. Dans quelques cas, il a été proposé de réaliser la pièce dans un alliage métallique légèrement différent de celui dans lequel est réalisé le substrat ou bien dans un matériau dont on a montré qu'il était compatible avec le matériau du substrat.

La présente invention a pour but de procurer un procédé de fabrication additive par laser permettant de varier les choix des matériaux utilisables pour réaliser des pièces mécaniques de manière fiable et reproductible.

A cet effet, la présente invention a pour objet un procédé de fabrication  
5 additive par laser d'une pièce mécanique à fonction technique et/ou  
décorative, cette pièce mécanique comprenant un substrat et une structure  
formée sur le substrat par fabrication additive par laser, ce procédé  
comprenant les étapes de :

- se munir d'un faisceau laser dont le fonctionnement va être  
10 commandé au moyen d'un ordinateur dans lequel est introduit un fichier  
informatique CAO à 2 dimensions qui correspond à la structure de la pièce  
mécanique recherchée, ou bien d'un fichier informatique CAO à 3 dimensions  
qui est découpé en strates à 2 dimensions qui, une fois superposées,  
permettent de former la structure de la pièce mécanique recherchée, un autre  
15 fichier informatique renfermant les paramètres de fonctionnement du  
faisceau laser ;

- se munir d'un substrat réalisé en un matériau céramique dont la  
température de fusion est supérieure à la température mise en jeu par la  
fabrication additive par laser ;

20 - disposer le substrat sur une plateforme d'une enceinte de  
fabrication ;

- fermer l'enceinte de fabrication et créer dans cette enceinte de  
fabrication une atmosphère d'un gaz neutre ;

- déposer sur le substrat au moins une première couche d'une poudre  
25 d'au moins un premier matériau métallique à fusionner ;

- égaliser la première couche du premier matériau métallique à  
fusionner afin que cette première couche présente une épaisseur  
sensiblement uniforme ;

- activer le faisceau laser et soumettre au moyen de ce faisceau laser la première couche du premier matériau métallique à une étape de fusion sélective en accord avec le fichier informatique CAO qui correspond à la strate à 2 dimensions de la structure de la pièce mécanique recherchée ;

5 - déposer sur le substrat au moins une deuxième couche d'une poudre métallique du même matériau que celui à l'aide duquel a été réalisée la première couche ou bien d'un deuxième matériau métallique qui est différent du premier matériau métallique ;

10 - égaliser la deuxième couche et soumettre cette deuxième couche à une étape de fusion sélective au moyen du faisceau laser en accord avec la strate à deux dimensions suivante du fichier informatique CAO ;

- le cas échéant, répéter les opérations jusqu'à obtenir la pièce mécanique recherchée constituée du substrat et de la structure formée sur le substrat par fabrication additive par laser ;

15 - sortir la pièce mécanique de l'enceinte de fabrication, enlever le surplus de matériau métallique et nettoyer l'ensemble, et

- le cas échéant, soumettre la pièce à des opérations de finition comme le polissage.

Grâce à ces caractéristiques, la présente invention procure un procédé  
20 de fabrication additive par laser permettant l'utilisation conjointe d'un substrat céramique massif et d'une poudre métallique pour réaliser des pièces mécaniques à fonction technique et/ou décorative de très grande qualité. On a en effet observé que la structure métallique obtenue par fusion laser adhère suffisamment au substrat céramique sur lequel cette structure est fabriquée  
25 et permet d'obtenir des pièces mécaniques pouvant être directement utilisées dans les objets dans lesquels ces dernières sont destinées à être montées. Ce résultat est assez surprenant étant donné qu'a priori, l'affinité chimique (ionique/covalence) entre les atomes de métal liés entre eux par des liaisons ioniques et l'oxygène renfermé dans les céramiques dont les atomes sont liés

par des liaisons covalentes est faible. Néanmoins, il a notamment été observé que les atomes de titane s'associent bien avec l'oxygène renfermé dans le substrat en céramique pour former des molécules de dioxyde de titane  $TiO_2$ . De même, les atomes d'aluminium ont une bonne affinité pour  
5 les atomes d'oxygène d'un substrat en alumine, en saphir ou en zircon par exemple.

Le substrat appartient à la pièce mécanique à fonction technique et/ou décorative qui résulte du procédé de l'invention ; ce substrat fait partie intégrante de cette pièce mécanique, et n'est pas destiné à être séparé de la  
10 structure obtenue par fabrication additive laser à l'issue du procédé. En effet, on a remarqué que cette structure adhère suffisamment bien à la surface du substrat sur lequel elle a été réalisée pour que la pièce mécanique résultante puisse être intégrée telle quelle dans l'objet auquel elle est destinée. Ainsi, grâce à l'invention, on évite l'étape périlleuse consistant à séparer la pièce  
15 obtenue par fabrication additive laser de la plateforme de la machine de fabrication additive, de sorte que les risques de déformation plastique qui peuvent conduire à la destruction de la pièce, sont évités. De même, éviter cette étape de séparation permet de gagner du temps, notamment parce qu'il n'est pas nécessaire de devoir fixer, par exemple par collage, les pièces  
20 obtenues par fabrication additive sur des substrats séparés.

Selon des formes spéciales d'exécution de l'invention :

- avant l'étape de fusion sélective de la couche de matériau en poudre, on peut soumettre le substrat à un traitement de surface ;
- le traitement de surface consiste en une opération d'implantation  
25 ionique, en un traitement par torche plasma ou en un traitement de dépôt physique en phase vapeur ;
- le substrat est préchauffé préalablement à l'étape de fusion sélective de la couche de matériau en poudre ;



- le substrat est préchauffé jusqu'à une température n'excédant pas 400°C ;
  - l'épaisseur du substrat est d'au moins 100 µm ;
  - le gaz neutre est de l'argon et la concentration volumique en oxygène dans l'enceinte de fabrication est inférieure à 0.5% ;
  - le matériau céramique est choisi dans le groupe formé par le verre borosilicate, l'alumine, le saphir, le borure de titane, l'oxyde de titane TiO<sub>2</sub>, le carbure de titane, le carbure de tungstène, le nitrure de silicium, la zircone, l'émeraude, le rubis et le diamant ;
- 10        - le matériau métallique est choisi dans le groupe formé par l'aluminium, l'acier, le titane, le zirconium, le palladium, le platine, l'argent et l'or ;
- l'épaisseur d'une couche du matériau déposée sur le substrat est comprise entre 20 µm et 45 µm ;
- 15        - le faisceau laser est de type Nd : YAG ;
- la puissance maximale du faisceau laser est comprise entre 100 Watts et 300 Watts ;
  - la strate à 2 dimensions de la pièce mécanique recherchée présente un contour qui délimite au moins une surface.
- 20        - la taille des particules qui forment les poudres est comprise entre 5 µm et 63 µm, et
- les poudres de matériaux utilisées sont de type D10-D90, c'est-à-dire que 90% des particules qui forment ces poudres ont un diamètre inférieur à 63 µm, et 10% de ces particules ont un diamètre inférieur à 5 µm.
- 25        La présente invention concerne également une pièce mécanique à fonction technique et/ou décorative, cette pièce mécanique comprenant un substrat en céramique et une structure métallique formée sur le substrat par fabrication additive par laser.

On notera en particulier que soumettre le substrat céramique à un traitement de surface par implantation ionique, torche plasma ou dépôt physique en phase vapeur préalablement à l'étape de fusion sélective de la couche de matériau métallique en poudre permet d'améliorer davantage encore la force d'accrochage de la structure formée sur le substrat avec ce dernier.

#### Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront plus clairement de la description détaillée qui suit d'un exemple de mise en œuvre du procédé de fabrication additive selon l'invention, cet exemple étant donné à titre purement illustratif et non limitatif seulement en liaison avec le dessin annexé sur lequel :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une installation de fabrication additive par faisceau laser qui convient pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

- la figure 2 est une vue schématique de détail qui illustre la situation de l'installation de fabrication additive avant le début du procédé de fabrication additive ;

- la figure 3 est une vue schématique de détail qui illustre le dépôt de la première couche de matériau en poudre à fusionner sur le substrat ;

- la figure 4 est une vue schématique de détail qui illustre l'enlèvement du matériau en poudre en excès ;

- la figure 5 est une vue schématique de détail qui illustre l'étape de fusion sélective au moyen d'un faisceau laser de la première couche de matériau en poudre ;

- la figure 6 est une vue schématique de détail qui illustre l'étape de fusion sélective d'une couche de matériau en poudre supplémentaire ;

- la figure 7 est une vue schématique de détail qui illustre l'étape finale de nettoyage du substrat, et

- la figure 8 illustre schématiquement une étape de préparation du substrat au moyen d'une torche à plasma préalablement au dépôt d'une  
5 première couche de matériau en poudre à fusionner sur le substrat.

#### Description détaillée d'un mode de réalisation de l'invention

La présente invention procède de l'idée générale inventive qui consiste à réaliser des pièces mécaniques à fonction technique et/ou décorative d'un  
10 seul tenant au moyen d'un procédé de fabrication additive par faisceau laser. Plus précisément, l'invention concerne un procédé de fabrication additive par faisceau laser dans lequel l'utilisation conjointe d'un substrat céramique massif et d'une poudre métallique pour réaliser la structure par fabrication additive laser permet d'obtenir des pièces mécaniques à fonction technique  
15 et/ou décorative de très grande qualité. On a en effet observé que la structure métallique obtenue par fusion laser adhère suffisamment au substrat céramique sur lequel cette structure est fabriquée et permet d'obtenir des pièces mécaniques pouvant être directement utilisées dans les objets dans lesquels ces dernières sont destinées à être montées. Il semble que cela soit  
20 dû en particulier à la bonne affinité chimique (ionique/covalence) entre les atomes de métal et l'oxygène renfermé dans les céramiques. Ainsi, les atomes de titane s'associent bien avec l'oxygène renfermé dans le substrat en céramique pour former des molécules de dioxyde de titane  $TiO_2$ . De même, les atomes d'aluminium ont une grande affinité pour les atomes  
25 d'oxygène d'un substrat en alumine, en saphir ou en zircon par exemple. L'invention démontre ainsi qu'il est possible de combiner ou de lier entre eux des matériaux qui, jusqu'à présent, étaient considérés comme incompatibles.

Par contre, on a observé que l'on ne retrouvait pas la même affinité pour l'oxygène renfermé dans le matériau céramique dans le cas de l'or. C'est  
30 pourquoi, lorsque l'on souhaite faire croître une structure en or par fusion

laser sur un substrat céramique, on préférera soumettre préalablement le substrat céramique à un traitement de surface par exemple du type implantation ionique, torche plasma ou bien encore dépôt physique en phase vapeur. Dans le cas d'un traitement plasma, le gaz utilisé pour créer la torche  
5 sera de préférence de l'air comprimé renfermant 22% d'oxygène et environ 70% d'azote.

Le substrat céramique utilisé pour réaliser la pièce mécanique recherchée fait partie intégrante de cette pièce mécanique et ne nécessite donc pas d'être dissocié de cette dernière une fois le procédé de fabrication  
10 terminé. Ce substrat céramique n'est donc pas destiné à être sacrifié et va servir de support permanent pour la structure obtenue grâce à la fabrication additive laser avec laquelle elle forme la pièce mécanique selon l'invention. Les risques de déformer, voire de détruire cette structure que l'on rencontre dans l'art antérieur lors de la séparation d'une telle structure de son substrat  
15 de fabrication sont ainsi évités.

Conformément au procédé selon l'invention, on commence par se munir d'un substrat sur lequel on va faire croître une structure par fabrication additive au moyen d'un faisceau laser. Les formes et dimensions du substrat sont choisies en fonction de l'utilisation ultérieure qui sera faite de la pièce  
20 mécanique résultant de la mise en œuvre du présent procédé. Il suffira que le substrat présente au moins une surface plane sur laquelle pourra être réalisée l'opération de fabrication additive. Pour des questions de solidité, on préférera cependant que l'épaisseur du substrat ne soit pas inférieure à 100  $\mu\text{m}$ . Ce substrat est réalisé en un matériau céramique dont la température de  
25 fusion est supérieure à la température mise en jeu par la fabrication additive par fusion laser. Le substrat est réalisé en un matériau céramique tel que l'alumine  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , le saphir, l'oxyde de titane  $\text{TiO}_2$  ou bien la zircone  $\text{ZrO}_2$ . D'autres matériaux céramiques convenant également bien sont le nitrure de silicium  $\text{Si}_3\text{N}_4$  et le carbure de titane  $\text{TiC}$ .

Une fois le substrat sélectionné et introduit dans une enceinte de fabrication, on dépose sur ce substrat une couche d'un matériau à l'état de poudre que l'on fera ensuite fusionner de manière sélective au moyen du faisceau laser. Ce matériau pulvérulent est différent du matériau dans lequel est réalisé le substrat. Ce matériau pulvérulent est un matériau métallique tel que de l'aluminium, de l'or, du platine, du titane, de l'acier ou bien encore du zirconium.

Dans le cas de l'aluminium, le choix se portera de préférence sur un alliage d'aluminium 6061 comprenant entre 95.85 et 98.56% en poids d'aluminium, 0.4 à 0.8% en poids de silicium, un maximum de 0.7% en poids de fer (pas de minimum requis), 0.15 à 0.4% en poids de cuivre, un maximum de 0.15% en poids de manganèse (pas de minimum requis), entre 0.8 et 1.2% de magnésium, entre 0.04 et 0.35% de chrome, un maximum de 0.25% en poids de zinc (pas de minimum requis), un maximum de 0.15% en poids de titane (pas de minimum requis), la concentration des autres éléments ne devant pas excéder 0.05% en poids chacun, la concentration totale de ces autres éléments ne devant pas excéder 0.15% en poids. La poudre d'aluminium 6061 utilisée dans le cadre de la présente invention est formée d'un mélange de particules dont le diamètre est compris entre 5 et 63  $\mu\text{m}$ .

Des pièces réalisées par dépôt de 10 à 20 couches de la poudre d'aluminium détaillée ci-dessus ont été structurées sur un substrat en zircone. De même, un substrat en zircone a été utilisé pour fabriquer des pièces à partir d'une poudre de titane  $\text{TiAl}_6\text{V}_4$ .

Dans le cas de l'or, il s'agit préférentiellement d'or 18 carats renfermant 750 millièmes d'or pur, 50 millièmes d'argent et 198.5 millièmes de cuivre. La poudre d'or utilisée dans le cadre de la présente invention est formée d'un mélange de particules dont le diamètre est compris entre 5 et 45  $\mu\text{m}$ .

Des pièces réalisées par dépôt de 10 à 20 couches de la poudre d'or détaillée ci-dessus ont été structurées sur des substrats en saphir et en zircone.

Une fois la couche de matériau en poudre étalée sur le substrat, elle  
5 est égalisée par balayage mécanique afin de présenter une épaisseur sensiblement uniforme, typiquement de l'ordre de 15-50  $\mu\text{m}$ . On comprendra qu'au cours de cette opération de balayage, les particules de poudre dont le diamètre ou l'une au moins des dimensions excède l'épaisseur de la couche sont enlevées du substrat.

10 Une fois la couche de matériau en poudre égalisée, l'enceinte de fabrication est refermée et on crée dans le volume de cette enceinte une atmosphère de gaz neutre. Le gaz neutre choisi est préférentiellement, mais non limitativement, de l'argon, et la concentration volumique en oxygène dans l'enceinte de fabrication est inférieure à 0.5%.

15 Le dispositif laser utilisé dans le cadre de la présente invention est par exemple un laser de type Yb : YAG, dont la puissance maximale est égale à 100 Watts et qui émet en continu. A titre d'exemple préféré mais non limitatif, selon le type de faisceau laser choisi, la puissance de celui-ci est fixée à une valeur de travail comprise entre 10 et 35 Watts et sa vitesse de déplacement  
20 à la surface du substrat est comprise entre 100 et 700 mm/s. Le faisceau laser fait fondre la couche de matériau en poudre répandue sur le substrat selon un tracé déterminé par un ordinateur dans lequel est stocké un fichier informatique CAO. Ce fichier correspond à une ou plusieurs strates à 2 dimensions qui, une fois superposées, permettent de former dans la couche  
25 de matériau en poudre la structure de la pièce mécanique recherchée. Un autre fichier informatique renfermant, pour chaque strate de la pièce mécanique recherchée, les paramètres de fonctionnement du faisceau laser tels que la puissance du faisceau laser, la vitesse de déplacement du faisceau laser et le tracé que ce faisceau laser doit parcourir est également  
30 utilisé.

Chaque strate de matériau fondu a donc une épaisseur comprise entre 15  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$ . L'épaisseur de la structure finale peut être de l'ordre de 500  $\mu\text{m}$  à 1 mm. La seule différence entre ces valeurs réside dans le temps de fabrication qui est d'autant plus long que la structure finale est épaisse.

5           Après avoir structuré la première couche de matériau en poudre en faisant fusionner ce matériau de manière sélective conformément aux instructions renfermées dans le fichier informatique CAO, on enlève le surplus de matériau, puis on dépose sur le substrat une deuxième couche d'un matériau en poudre qui peut être le même que celui utilisé pour réaliser  
10 la première couche ou bien être différent. Finalement, on répète les opérations jusqu'à obtenir la pièce mécanique recherchée constituée du substrat et de la structure formée sur le substrat par fabrication additive par laser. La pièce mécanique résultante est sortie de l'enceinte de fabrication, on enlève le surplus de matériau et on nettoie l'ensemble. La pièce  
15 mécanique résultante est prête à l'emploi.

La figure 1 est une représentation schématique d'une installation de fabrication additive par faisceau laser qui convient pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Désignée dans son ensemble par la référence numérique générale 1, cette installation de fabrication additive comprend une  
20 enceinte de fabrication 2 à l'intérieur de laquelle est agencée une plateforme 4 sur laquelle est posé un substrat 6. Préférentiellement, la plateforme 4 est couplée avec un premier piston 8 afin de pouvoir être déplacée verticalement de bas en haut et de haut en bas. L'installation de fabrication additive 1 comprend également un premier réservoir 10 et un  
25 second réservoir 12 tous deux disposés à l'intérieur de l'enceinte de fabrication 2. Le premier réservoir 10 à l'intérieur duquel se déplace un second piston 14 sert au stockage d'un matériau en poudre à fusionner. Quant au second réservoir 12, il sert de réceptacle aux excès de poudre du matériau à fusionner ainsi qu'aux déchets issus de l'étape de fusion sélective.  
30 L'enceinte de fabrication 2 renferme également un faisceau laser 16 disposé

à l'aplomb de la plateforme 4 sur laquelle est posée le substrat 6 ainsi qu'une tête de transfert 18 de la poudre du matériau à fusionner.

A la figure 2, le substrat 6 est mis à fleur avec une surface d'impression 20 en actionnant, si nécessaire, le premier piston 8 qui commande les déplacements de la plateforme 4 sur laquelle est placé le substrat 6. Dans le même temps, on actionne le second piston 14 de façon à amener une quantité de poudre 22 du matériau à fusionner à la hauteur de la surface d'impression 20.

A la figure 3, la tête de transfert 18 se charge d'amener la quantité de poudre 22 du matériau à fusionner sur le substrat 6. A cette fin, la tête de transfert 18 est équipée d'une première et d'une seconde raclette 24 et 26 qui peuvent être sélectivement soulevées ou abaissées. Comme visible sur la figure 3, pour amener la quantité de poudre 22 sur le substrat 6, la tête de transfert 18 est translatée vers la gauche de la figure, la première raclette 24 étant soulevée pour ne pas s'opposer à l'avancement de la quantité de poudre 22, et la seconde raclette 26 étant abaissée afin de pouvoir déplacer cette quantité de poudre 22.

Inversement, à la figure 4, la tête de transfert 18 est déplacée vers la droite de la figure avec la première raclette 24 abaissée et la seconde raclette 26 soulevée pour niveler et tasser la couche de matériau en poudre 28 qui a été amenée sur le substrat 6.

A la figure 5, on procède à la fusion de la couche de matériau en poudre 28 à l'aide du faisceau laser 16. A cet effet, le fonctionnement du faisceau laser 16 va être commandé au moyen d'un ordinateur dans lequel est introduit un fichier informatique CAO qui est découpé en une ou plusieurs strates qui, une fois superposées, permettent de former la structure 30 de la pièce mécanique 32 recherchée.

A la figure 6, la plateforme 4 sur laquelle est placé le substrat 6 est abaissée par actionnement du premier piston 8 afin d'amener à nouveau le substrat 6 sur la surface duquel a été structurée la première couche de



matériau en poudre 28 à fleur avec la surface d'impression 20. Ensuite, si l'on souhaite structurer une nouvelle couche de matériau en poudre sur la surface du substrat 6, on répète les opérations qui ont été détaillées ci-dessus en liaison avec les figures 2 à 5.

5           Finalement, quand la structure 30 recherchée est obtenue en ayant soumis la première couche de matériau en poudre 28 à une étape de fusion sélective au moyen du faisceau laser 16, on peut, si cela est nécessaire, nettoyer la pièce mécanique 32 formée par le substrat 6 et la structure 30 par exemple au moyen d'un aspirateur 34 (voir figure 7).

10           Pour améliorer l'adhésion de la structure 30 obtenue par fabrication additive au moyen du faisceau laser 16 sur le substrat 6, il est possible, avant le début des opérations de fabrication, de soumettre le substrat 6 à un traitement de surface au moyen d'une torche plasma 36 (voir figure 8).

          Il va de soi que la présente invention n'est pas limitée au mode de  
15 réalisation qui vient d'être décrit et que diverses modifications et variantes simples peuvent être envisagées par l'homme du métier sans sortir du cadre de l'invention tel que défini par les revendications annexées. On comprendra notamment qu'au sens de la présente invention et de ses modes d'exécution particuliers, on entend par « pièce mécanique » des pièces qui peuvent être  
20 sollicitées mécaniquement comme des maillons d'un bracelet de montre, mais également des pièces qui n'ont qu'une fonction décorative telles qu'un cadran pour une pièce d'horlogerie à la surface duquel a été fabriquée une structure matérielle.

Nomenclature

1. Installation de fabrication additive par faisceau laser
2. Enceinte de fabrication
- 5 4. Plateforme
6. Substrat
8. Premier piston
10. Premier réservoir
12. Second réservoir
- 10 14. Second piston
16. Faisceau laser
18. Tête de transfert
20. Surface d'impression
22. Quantité de poudre
- 15 24. Première raclette
26. Seconde raclette
28. Couche de matériau en poudre
30. Structure
32. Pièce mécanique
- 20 34. Aspirateur
36. Torche plasma

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de fabrication additive par laser d'une pièce mécanique (32) à fonction technique et/ou décorative, cette pièce mécanique (32) comprenant un substrat (6) et une structure (30) formée sur le substrat (6)
- 5 par fabrication additive par laser, ce procédé comprenant les étapes de :
- se munir d'un faisceau laser (16) dont le fonctionnement va être commandé au moyen d'un ordinateur dans lequel est introduit un fichier informatique CAO qui est découpé en une ou plusieurs strates qui, une fois superposées, permettent de former la structure de la pièce mécanique

10 recherchée, un autre fichier informatique renfermant les paramètres de fonctionnement du faisceau laser ;

  - se munir d'un substrat (6) réalisé en un matériau céramique dont la température de fusion est supérieure à la température mise en jeu par la fabrication additive par laser ;

15 - disposer le substrat (6) sur une plateforme dans une enceinte de fabrication (2) ;

  - fermer l'enceinte de fabrication (2) et créer dans cette enceinte de fabrication (2) une atmosphère d'un gaz neutre ;
  - déposer sur le substrat (6) au moins une première couche (28) d'une

20 poudre d'au moins un premier matériau métallique à fusionner ;

  - égaliser la première couche (28) du premier matériau métallique à fusionner afin que cette première couche (28) présente une épaisseur sensiblement uniforme ;
  - activer le faisceau laser (16) et soumettre au moyen de ce faisceau

25 laser (16) la première couche du premier matériau métallique à une étape de fusion sélective en accord avec le fichier informatique CAO qui correspond à la strate à 2 dimensions de la structure (30) de la pièce mécanique (32) recherchée ;

- déposer sur le substrat (6) au moins une deuxième couche d'une poudre du même matériau métallique que celui à l'aide duquel a été réalisée la première couche (28) ou bien d'un deuxième matériau métallique qui est différent du premier matériau métallique ;
- 5           - égaliser la deuxième couche et soumettre cette deuxième couche à une étape de fusion sélective au moyen du faisceau laser (16) en accord avec la strate à deux dimensions suivante du fichier informatique CAO ;
- le cas échéant, répéter les opérations jusqu'à obtenir la pièce mécanique (32) recherchée constituée du substrat (6) et de la structure (30)
- 10       formée sur le substrat (6) par fabrication additive par laser ;
- sortir la pièce mécanique (32) de l'enceinte de fabrication (2), enlever le surplus de matériau métallique et nettoyer l'ensemble, et
  - le cas échéant, soumettre la pièce mécanique (32) à des opérations de finition comme le polissage.
- 15           2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'avant l'étape de fusion sélective de la couche (28) de matériau en poudre, on soumet le substrat (6) à un traitement de surface.
3. Procédé de fabrication selon la revendication 2, caractérisé en ce que le traitement de surface consiste en une opération d'implantation
- 20       ionique, en un traitement plasma ou en un traitement de dépôt physique en phase vapeur.
4. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le substrat (6) est préchauffé préalablement à l'étape de fusion sélective de la couche (28) de matériau en poudre.
- 25           5. Procédé de fabrication selon la revendication 4, caractérisé en ce que le substrat (6) est préchauffé jusqu'à une température n'excédant pas 400°C.

6. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que l'épaisseur du substrat (6) est d'au moins 100  $\mu\text{m}$ .

7. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que le gaz neutre est de l'argon et la concentration volumique en oxygène dans l'enceinte de fabrication est inférieure à 0.5%.

8. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le matériau céramique est choisi dans le groupe formé par le verre borosilicate, l'alumine, le saphir, le borure de titane, l'oxyde de titane  $\text{TiO}_2$ , le carbure de titane, le carbure de tungstène, le nitrure de silicium, la zircone, l'émeraude, le rubis et le diamant.

9. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que le matériau métallique est choisi dans le groupe formé par l'aluminium, l'acier, le platine, l'or, l'argent, le palladium, le zirconium et le titane.

10. Procédé de fabrication selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'on utilise une poudre d'aluminium 6061 dont les particules ont un diamètre compris entre 5 et 63  $\mu\text{m}$ .

11. Procédé de fabrication selon la revendication 9, caractérisé en ce que l'on utilise une poudre d'or 18 carats 750 millièmes dont les particules ont un diamètre compris entre 5 et 45  $\mu\text{m}$ .

12. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 10 et 11, caractérisé en ce que les poudres de matériaux utilisées sont de type D10-D90, c'est-à-dire que 90% des particules qui forment ces poudres ont un diamètre inférieur à 63  $\mu\text{m}$ , et 10% de ces particules ont un diamètre inférieur à 5  $\mu\text{m}$ .

13. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'épaisseur d'une couche du matériau déposée sur le substrat (6) est comprise entre 10  $\mu\text{m}$  et 50  $\mu\text{m}$ .

14. Procédé de fabrication selon la revendication 13, caractérisé en ce que le nombre de couches de matériau déposées sur le substrat est compris entre 10 et 20.

15. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 8 à 14, caractérisé en ce que la puissance du faisceau laser est fixée à une valeur de travail comprise entre 10 et 35 Watts et en ce que sa vitesse de déplacement à la surface du substrat (6) est comprise entre 100 et 700 mm/s.

16. Procédé de fabrication selon la revendication 15, caractérisé en ce que le faisceau laser (16) est de type Yb : YAG.

17. Procédé de fabrication selon l'une des revendications 8 à 16, caractérisé en ce que la strate à 2 dimensions de la pièce mécanique (32) recherchée présente un contour qui délimite au moins une surface.

18. Pièce mécanique à fonction technique et/ou décorative, cette pièce mécanique (32) comprenant un substrat (6) réalisé en un matériau céramique et une structure (30) réalisée en un matériau métallique et formée sur le substrat (6) par fabrication additive par laser.

Fig. 1

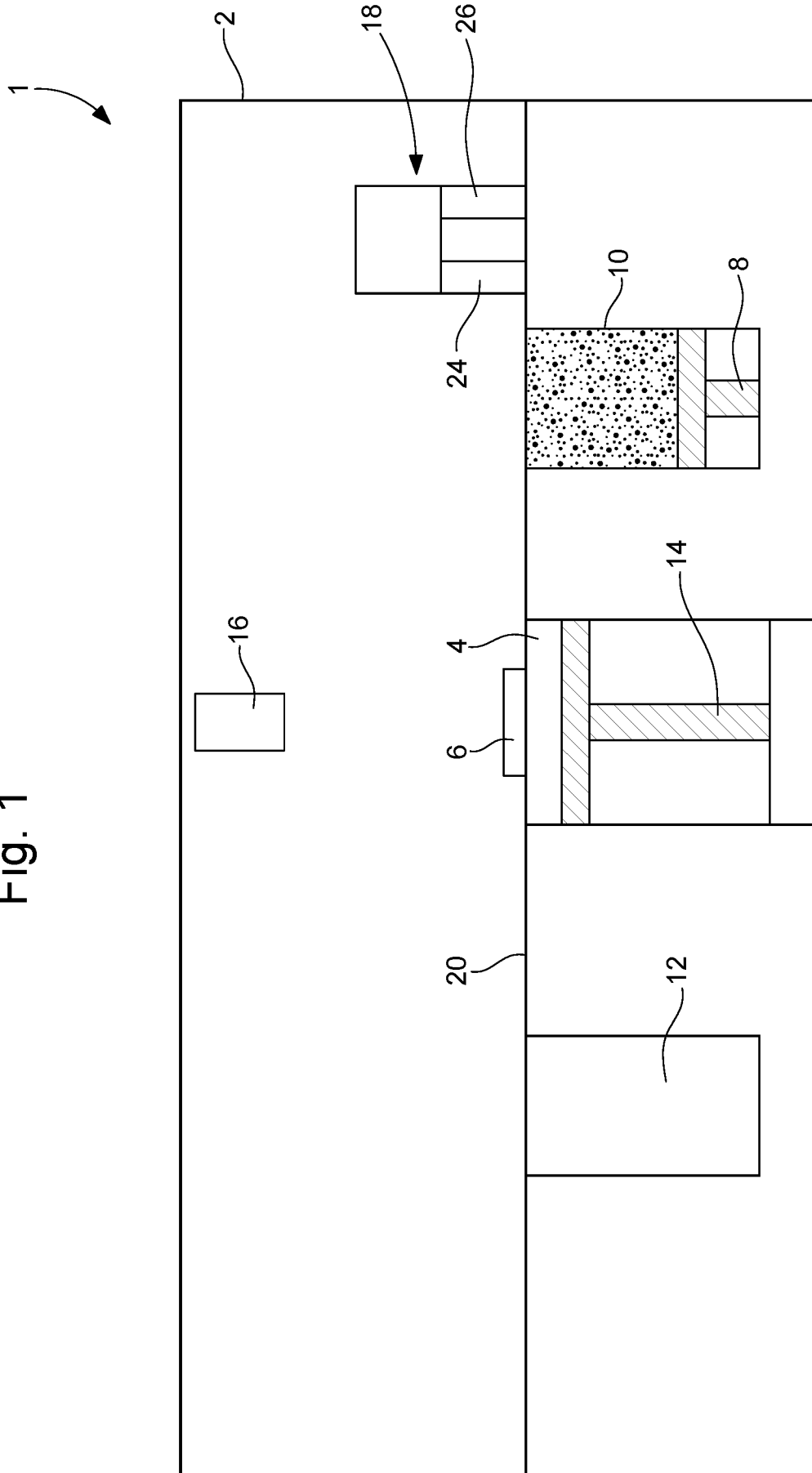


Fig. 2

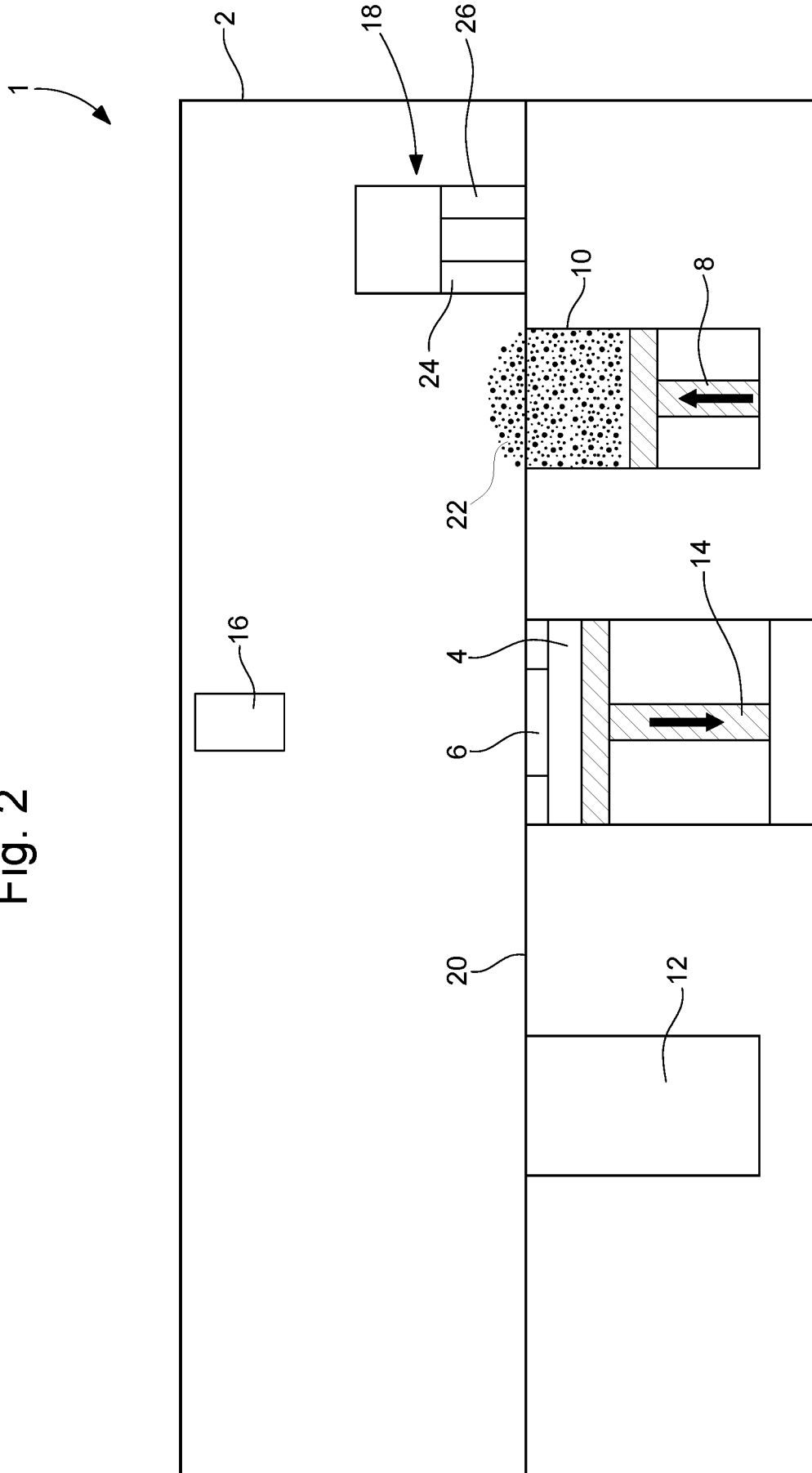




Fig. 3

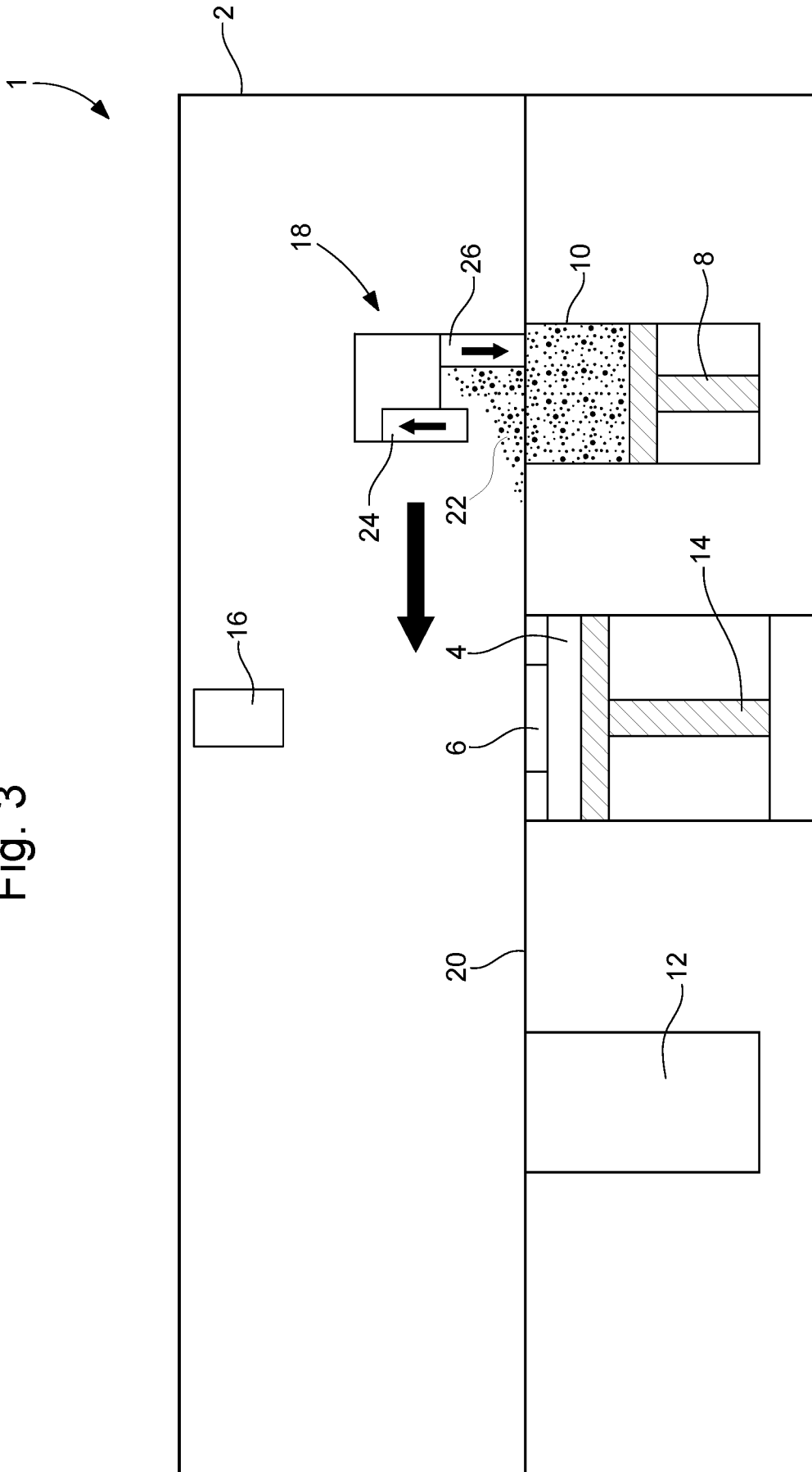


Fig. 4

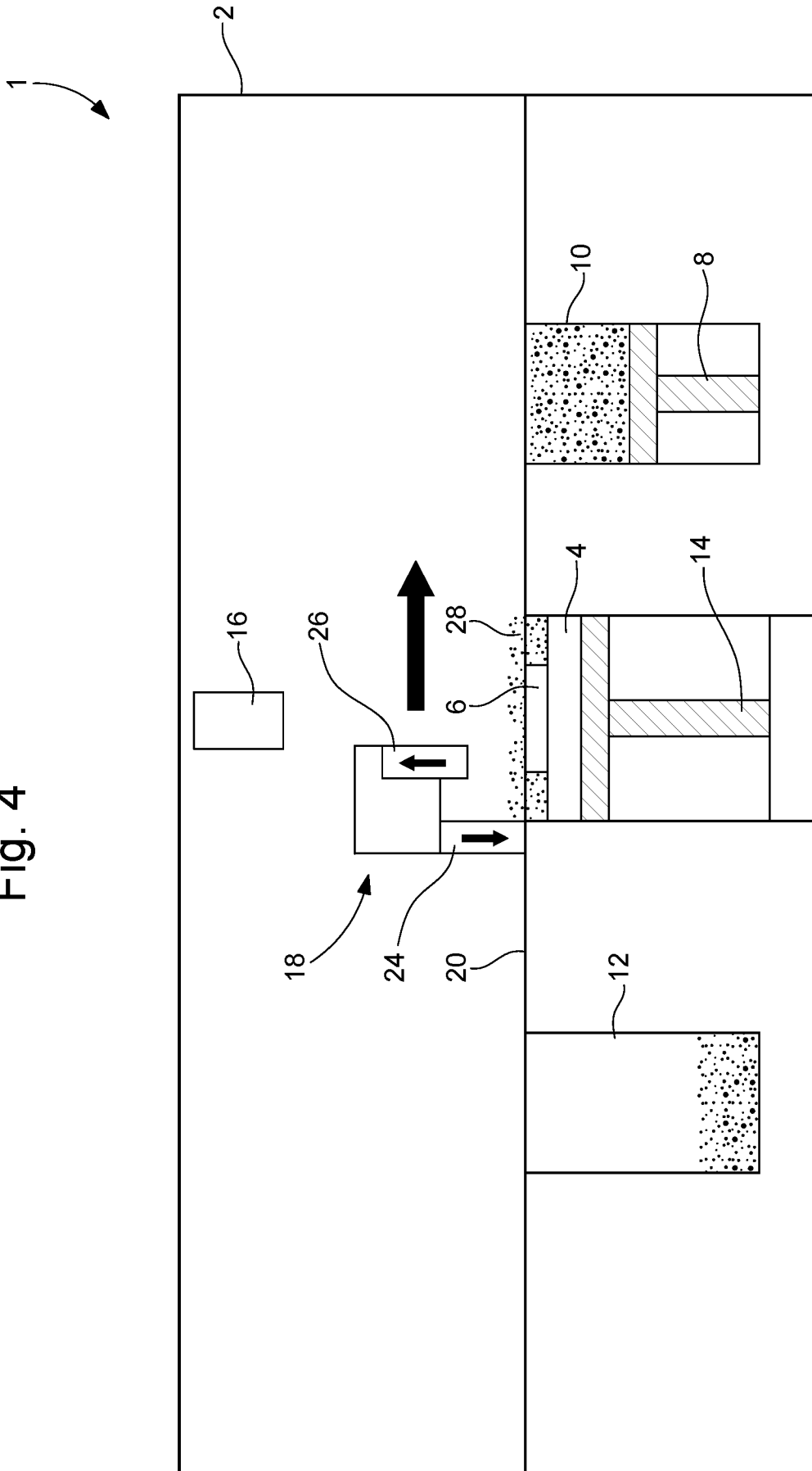


Fig. 5

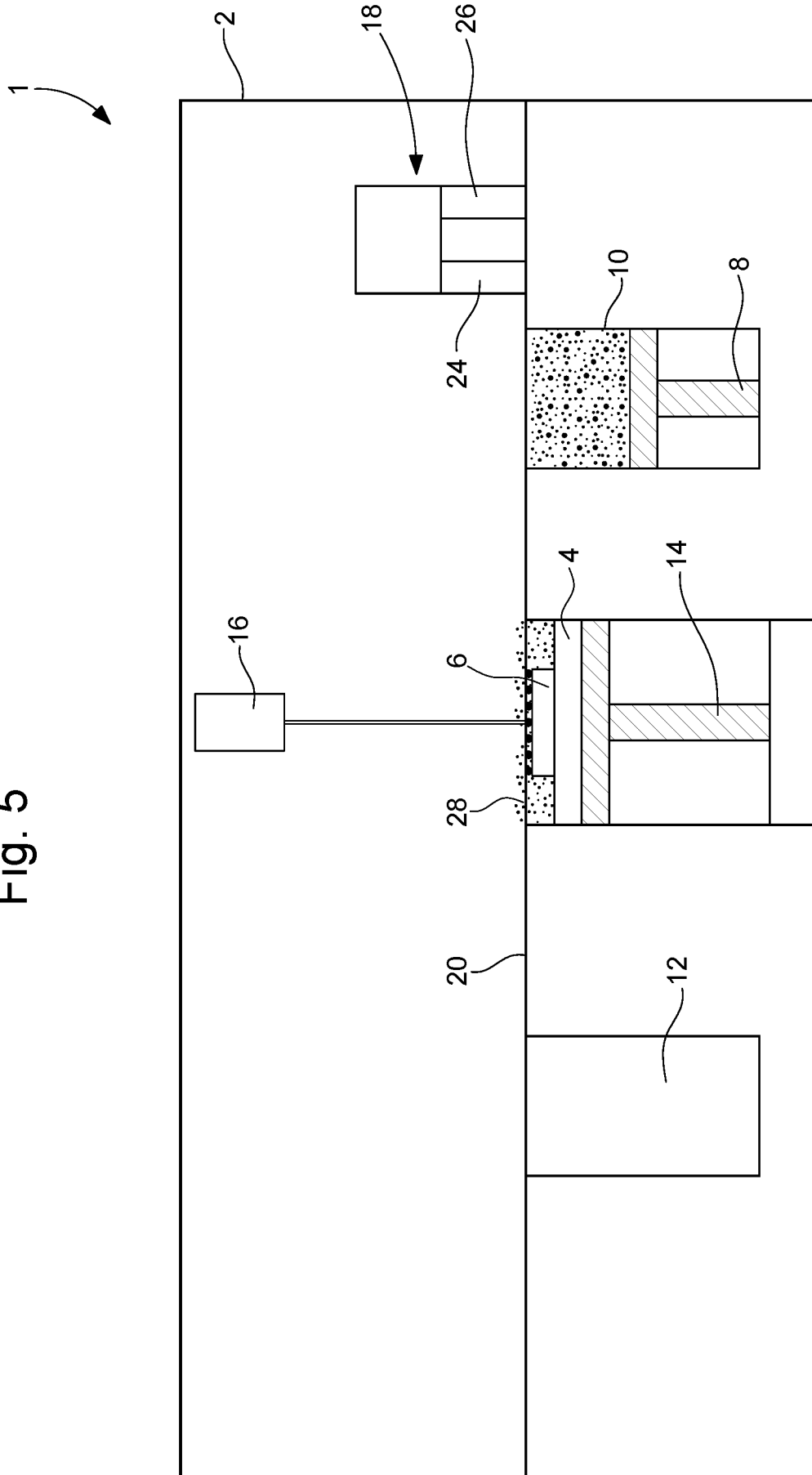
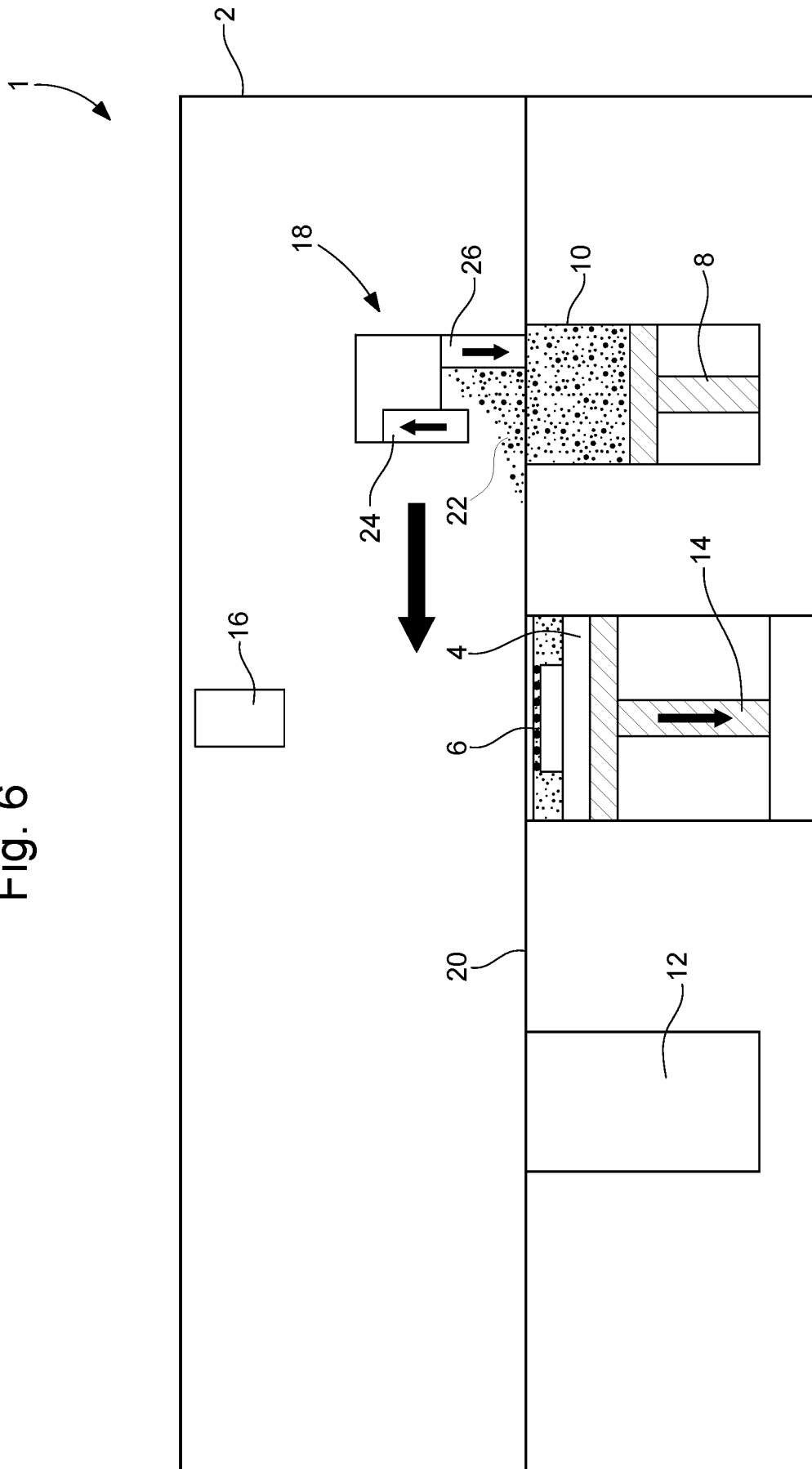
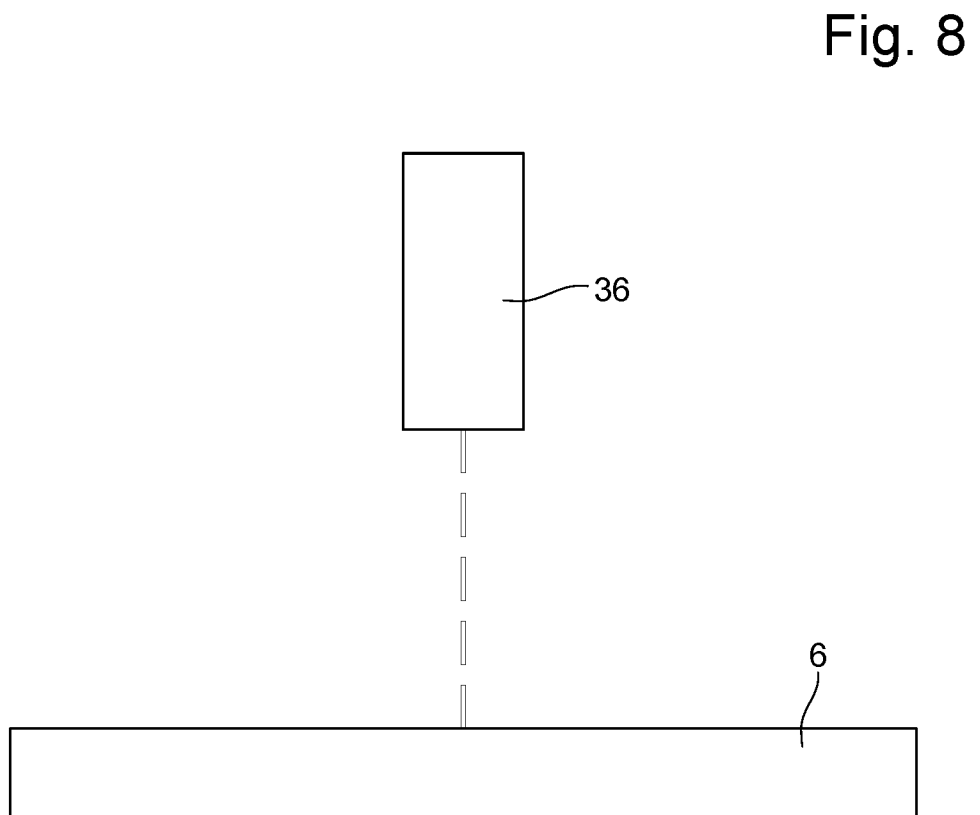
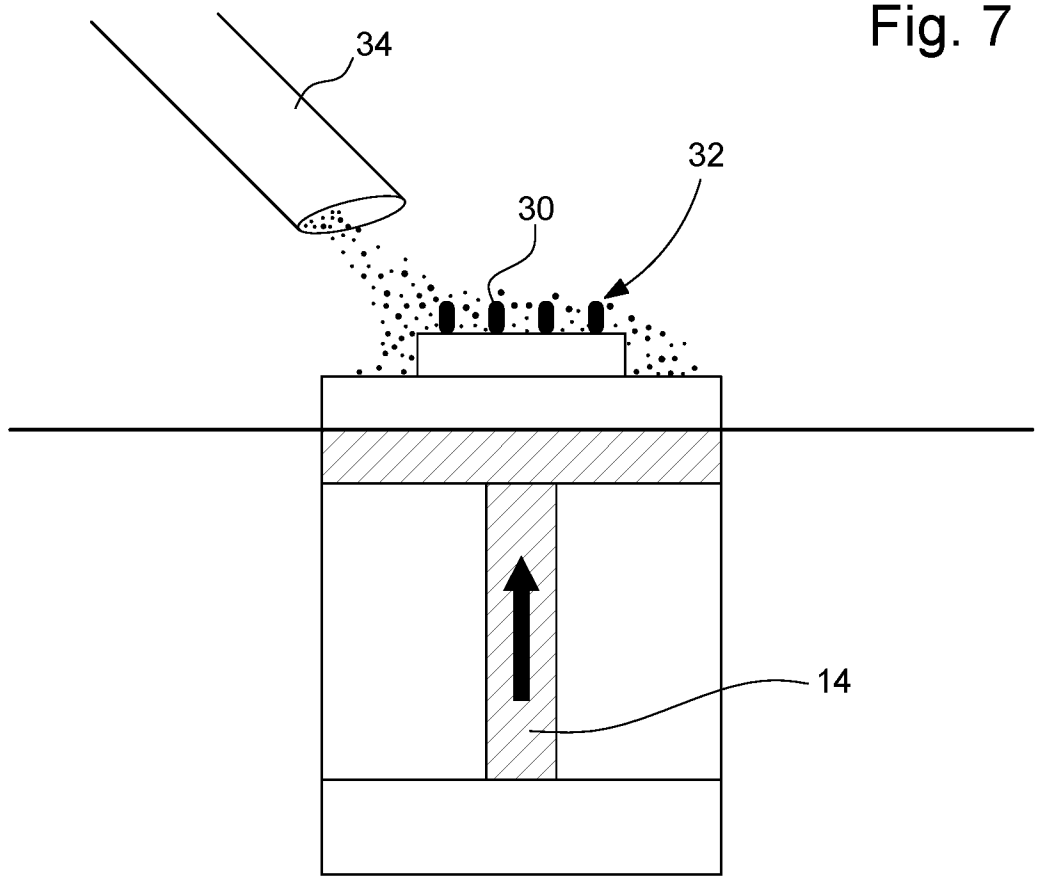


Fig. 6





## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/065925

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B22F 3/105</i> (2006.01)i; <i>B22F 7/08</i> (2006.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 80/00</i> (2015.01)i; <i>G04D 3/00</i> (2006.01)i; <i>G04B 45/00</i> (2006.01)n; <i>G04B 37/22</i> (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F; C23C; G04F; G04B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	SYED-KHAJA AARIEF ET AL. "Is selective laser melting (SLM) an alternative for high-temperature mechatronic integrated devices? methodology, hurdles and prospects" <i>2016 12TH INTERNATIONAL CONGRESS MOLDED INTERCONNECT DEVICES (MID)</i> , <i>IEEE</i> , 28 September 2016 (2016-09-28), pages 1-5, [retrieved on 2016-11-08] DOI: 10.1109/ICMID.2016.7738929 XP033003268 III. SELECTIVE LASER MELTING AS AN ALTERNATIVE"; "A. SLM methodology for functionalization of surfaces"; "D. Metal-ceramic interconnection". figures 3-5	1-18
X	CN 108411296 A (SHANGHAI SUPERIOR MACHINERIES & MAT CO LTD) 17 August 2018 (2018-08-17) paragraphs [0037] - [0042] example 1 figures 1, 2	1,8,17,18
X	CH 710543 A2 (OMEGA SA [CH]) 30 June 2016 (2016-06-30) claim 9 paragraphs [0019], [0021]	1,18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>19 June 2020</b>		Date of mailing of the international search report <b>02 July 2020</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer <b>Forestier, Gilles</b>  Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/065925

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2010291286 A1 (O'NEILL WILLIAM [GB] ET AL) 18 November 2010 (2010-11-18) paragraphs [0010] - [0027], [0037] - [0042], [0050] - [0057], [0066] - [0068], [0081], [0087], [0120] figures 1-3 table 1	1-18
A	US 2017252854 A1 (MAIER DIRK [DE] ET AL) 07 September 2017 (2017-09-07) the whole document	1-18
A	US 2015209889 A1 (PETERS STEVEN R [US] ET AL) 30 July 2015 (2015-07-30) paragraph [0124]	1-18

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2020/065925**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	108411296	A	17 August 2018	NONE	
CH	710543	A2	30 June 2016	CH	710543 A2 30 June 2016
				CN	105708062 A 29 June 2016
				EP	3035130 A1 22 June 2016
				HK	1225931 A1 22 September 2017
				JP	6110924 B2 05 April 2017
				JP	2016128799 A 14 July 2016
				RU	2015154608 A 22 June 2017
				US	2016176126 A1 23 June 2016
US	2010291286	A1	18 November 2010	AT	287307 T 15 February 2005
				AU	2003261497 A1 27 May 2004
				CA	2448592 A1 08 May 2004
				DE	60300277 T2 12 January 2006
				EP	1418013 A1 12 May 2004
				US	2004191106 A1 30 September 2004
				US	2009286008 A1 19 November 2009
				US	2010291286 A1 18 November 2010
				US	2013056912 A1 07 March 2013
				US	2015258735 A1 17 September 2015
				US	2020086625 A1 19 March 2020
US	2017252854	A1	07 September 2017	CN	107159876 A 15 September 2017
				EP	3216545 A1 13 September 2017
				JP	6456992 B2 23 January 2019
				JP	2018009240 A 18 January 2018
				KR	20170104391 A 15 September 2017
				TW	201734217 A 01 October 2017
				US	2017252854 A1 07 September 2017
US	2015209889	A1	30 July 2015	NONE	



# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2020/065925

<b>A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE</b> INV. B22F3/105      B22F7/08      B33Y10/00      B33Y80/00      G04D3/00 ADD. G04B45/00      G04B37/22		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
<b>B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE</b> Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B22F C23C G04F G04B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS</b>		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	SYED-KHAJA AARIEF ET AL: "Is selective laser melting (SLM) an alternative for high-temperature mechatronic integrated devices? methodology, hurdles and prospects", 2016 12TH INTERNATIONAL CONGRESS MOLDED INTERCONNECT DEVICES (MID), IEEE, 28 septembre 2016 (2016-09-28), pages 1-5, XP033003268, DOI: 10.1109/ICMID.2016.7738929 ISBN: 978-1-5090-5426-8 [extrait le 2016-11-08] III. SELECTIVE LASER MELTING AS AN ALTERNATIVE"; "A. SLM methodology for functionalization of surfaces"; "D. Metal-ceramic interconnection". figures Fig. 3-5 ----- -/--	1-18
<input checked="" type="checkbox"/>	Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents	<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée		"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 19 juin 2020		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 02/07/2020
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Forestier, Gilles

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	CN 108 411 296 A (SHANGHAI SUPERIOR MACHINERIES & MAT CO LTD) 17 août 2018 (2018-08-17) alinéas [0037] - [0042] exemple 1 figures 1,2	1,8,17, 18
X	----- CH 710 543 A2 (OMEGA SA [CH]) 30 juin 2016 (2016-06-30) revendication 9 alinéas [0019], [0021]	1,18
A	----- US 2010/291286 A1 (O'NEILL WILLIAM [GB] ET AL) 18 novembre 2010 (2010-11-18) alinéas [0010] - [0027], [0037] - [0042], [0050] - [0057], [0066] - [0068], [0081], [0087], [0120] figures 1-3 tableau 1	1-18
A	----- US 2017/252854 A1 (MAIER DIRK [DE] ET AL) 7 septembre 2017 (2017-09-07) le document en entier	1-18
A	----- US 2015/209889 A1 (PETERS STEVEN R [US] ET AL) 30 juillet 2015 (2015-07-30) alinéa [0124]	1-18
	-----	

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2020/065925

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 108411296	A	17-08-2018	AUCUN	
-----				
CH 710543	A2	30-06-2016	CH 710543 A2	30-06-2016
			CN 105708062 A	29-06-2016
			EP 3035130 A1	22-06-2016
			HK 1225931 A1	22-09-2017
			JP 6110924 B2	05-04-2017
			JP 2016128799 A	14-07-2016
			RU 2015154608 A	22-06-2017
			US 2016176126 A1	23-06-2016
-----				
US 2010291286	A1	18-11-2010	AT 287307 T	15-02-2005
			AU 2003261497 A1	27-05-2004
			CA 2448592 A1	08-05-2004
			DE 60300277 T2	12-01-2006
			EP 1418013 A1	12-05-2004
			US 2004191106 A1	30-09-2004
			US 2009286008 A1	19-11-2009
			US 2010291286 A1	18-11-2010
			US 2013056912 A1	07-03-2013
			US 2015258735 A1	17-09-2015
			US 2020086625 A1	19-03-2020
-----				
US 2017252854	A1	07-09-2017	CN 107159876 A	15-09-2017
			EP 3216545 A1	13-09-2017
			JP 6456992 B2	23-01-2019
			JP 2018009240 A	18-01-2018
			KR 20170104391 A	15-09-2017
			TW 201734217 A	01-10-2017
			US 2017252854 A1	07-09-2017
-----				
US 2015209889	A1	30-07-2015	AUCUN	
-----				