

Méthode de préparation d'une poudre métallique destinée à un procédé de fabrication additive, et utilisation d'une telle poudre

DOMAINE TECHNIQUE

- 5 La présente invention concerne une méthode de préparation d'une poudre métallique destinée à un procédé de fabrication additive, du type balayage d'un lit de poudre par faisceau laser dans l'infrarouge proche.
- L'invention concerne également l'utilisation de la poudre métallique obtenue par la méthode de préparation, pour une opération de fabrication additive.
- 10 Le domaine de l'invention est celui de la préparation de poudres métalliques destinées à la fabrication additive, pour toutes applications industrielles, en particulier dans les secteurs automobile, aéronautique et aérospatial.

ART ANTERIEUR

- 15 Actuellement, les technologies de fabrication additive du type SLM ("Selective Laser Melting" en anglais, pour fusion sélective par laser) sont en fort développement, notamment pour la mise en forme de pièces métalliques. Le principe du procédé SLM sur lit de poudre est de faire fondre une fine couche de poudre (métallique, plastique, céramique, etc...) à l'aide d'un laser de forte puissance.
- 20 Ces technologies permettent la fabrication de pièces de formes complexes qui ne pourraient pas être réalisées par des technologies soustractives classiques d'usinage.
- Cependant, les métaux utilisables en fabrication additive sont relativement limités.
- 25 En volume, les principaux métaux mis en œuvre par la fabrication additive sont les superalliages (base Nickel, Co-Cr, etc), quelques aciers et métaux base Fer, les alliages de Titane, certains alliages d'Aluminium spécifiques (AIS10G). Chaque famille d'alliages correspond à une ou plusieurs applications privilégiées.
- 30 D'autres métaux comme le Cuivre, les métaux précieux et leurs alliages sont actuellement très peu utilisés en fabrication additive. D'une part, leur haute conductivité thermique dissipe rapidement l'énergie apportée par le laser. D'autre part, leur forte réflectivité optique disperse l'énergie du laser, tel que le laser YAG utilisé de manière classique dans
- 35 les machines.

Pour les mêmes raisons, l'Aluminium et nombre de ses alliages posent également des problèmes en fabrication additive. Il est dès lors nécessaire d'utiliser des puissances laser très élevées (>300W) pour envisager leur mise en forme.

Pour certains alliages, des réactions métallurgiques créent des composés à durcissement structural, générant des phénomènes de fissurations, notamment induits par des contraintes thermiques extrêmes lors de la mise en forme par frittage laser.

Les procédés actuels de fabrication additive sont peu adaptés pour produire des pièces dans ces métaux. Néanmoins, de nombreux secteurs industriels s'intéressent aujourd'hui à l'impression 3D métallique pour améliorer leurs produits ou développer de nouvelles offres.

FR3066705 propose une solution pour rendre des poudres de métaux très réfléchissants compatibles avec la fabrication additive de type SLM. Cette solution consiste à modifier la surface des particules de la poudre en y déposant des nanoparticules et en formant éventuellement une couche nanostructurée. Par exemple pour le cuivre pur, des nanoparticules de cuivre peuvent être greffées sur des particules de cuivre. Les techniques présentées dans ce document sont des traitements de greffage de nanoparticules à la surface de particules. De plus, il est avantageux d'éviter l'utilisation de nanoparticules, pour des raisons d'hygiène et sécurité, et de coût du traitement. Dans ce cas, la présente invention trouve toute son utilité.

EXPOSE DE L'INVENTION

Le but de la présente invention est de proposer une nouvelle méthode de préparation d'une poudre métallique, notamment pour la mise en forme de métaux difficilement "lasables" en fabrication additive, remédiant aux inconvénients ci-dessus.

A cet effet, l'invention a pour objet une méthode de préparation d'une poudre métallique destinée à un procédé de fabrication additive, du type balayage d'un lit de poudre par faisceau laser dans l'infrarouge proche, caractérisée en ce que la méthode comprend :

- une étape initiale de sélection d'une poudre, qui présente une réflectivité optique supérieure à 70% pour une longueur d'onde comprise dans une plage entre 800 et 1500 nm ; puis
- une étape de traitement de ladite poudre, qui est différent d'un greffage de particules, et qui induit une modification superficielle physique et/ou chimique des grains de ladite poudre, permettant d'abaisser sa réflectivité optique, à la longueur d'onde donnée, les grains (4) ayant après traitement une granulométrie médiane d50 comprise entre 5 et 50 µm.

Ainsi, l'invention permet d'obtenir une poudre plus facilement lasable après traitement que dans son état initial. La poudre traitée est constituée de grains fonctionnalisés, ou particules fonctionnalisées. La poudre est dépourvue de nanoparticules. La réduction de
5 la réflectivité optique de la poudre permet de réduire la dispersion d'énergie du laser, et ainsi faciliter la fusion de la poudre, avec une puissance laser réduite.

Les techniques de mesure de la réflectivité et/ou de la réflectance sont bien connues de l'homme du métier. Par exemple, la mesure peut s'effectuer au moyen d'un
10 spectrophotomètre.

D'autres caractéristiques avantageuses de l'invention, prises isolément ou en combinaison, sont présentées ci-après.

15 Selon un premier mode de réalisation :

- dans l'étape initiale, la poudre sélectionnée comprend au moins des particules support d'un premier matériau, présentant une première réflectivité optique à la longueur d'onde donnée,
- l'étape de traitement consiste à fonctionnaliser au moins partiellement la surface des
20 particules support du premier matériau, par diffusion, par germination-croissance ou par précipitation, en formant une couche superficielle d'au moins un second matériau présentant une seconde réflectivité optique, inférieure à la première réflectivité optique, abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre, à la longueur d'onde donnée.

25 Après traitement de fonctionnalisation, la poudre est constituée de grains composites, comprenant chacun une particule support du premier matériau, et une couche superficielle de fonctionnalisation constituée d'au moins un second matériau. La fonctionnalisation n'aboutit pas à un dépôt de nanoparticules greffées sur la particule support, mais à une zone superficielle modifiée de la particule support.

30

Selon des caractéristiques optionnelles du premier mode de réalisation :

- Après traitement de fonctionnalisation, les grains composites ont une structure cœur-enveloppe, chaque grain présentant un cœur constitué par une particule support, et une enveloppe constituée par une couche superficielle recouvrant entre 10 et 100% de la
35 surface de la particule support.

- La fonctionnalisation comprend une diffusion d'au moins un second matériau sélectionné dans les familles des métaux, des métalloïdes, des hétéroatomes, et des composés de type flux.
- La fonctionnalisation comprend un dépôt préalable, puis un traitement thermique de diffusion. La diffusion est une opération supplémentaire après dépôt. La fonctionnalisation n'est donc pas un dépôt en tant que tel, mais une transformation de la surface de la particule support par traitement thermique de diffusion.
- La fonctionnalisation comprend une diffusion d'éléments métalloïdes en faisant réagir la surface des particules avec un gaz. Par exemple, une oxydation menée sous air permet d'oxyder superficiellement les particules. Ce traitement de fonctionnalisation est appelé traitement thermochimique de diffusion.
- La fonctionnalisation comprend une germination-croissance d'un dépôt d'au moins un second matériau sur les particules du premier matériau. La germination est le phénomène d'apparition des premiers germes du second matériau. La germination influence les propriétés microscopiques (taille, pureté, morphologie et structure cristalline) du second matériau, liées à ses propriétés macroscopiques. La croissance est le phénomène de propagation du second matériau à la surface du premier matériau.
- La fonctionnalisation comprend une germination-croissance d'au moins un dépôt de plusieurs matériaux différents (incluant le second matériau) sur les particules du premier matériau.
- La germination-croissance est réalisée avec une rugosité contrôlée, sur les particules du premier matériau.
- La fonctionnalisation comprend une précipitation d'au moins un second matériau, sous forme de composé assurant le rôle de flux (décapant chimique) lors de l'opération de lasage. Par flux, on entend un composé chimique antioxydant permettant d'éliminer les oxydes et d'assurer une soudure optimale des grains sous le faisceau laser. Ces derniers peuvent par exemple être choisis parmi les composés halogénés, le borax et les acides organiques. La fonction de flux du second matériau implique donc des caractéristiques structurelles bien particulières.
- La précipitation est réalisée sans germination-croissance.
- La précipitation est réalisée en complément de la germination-croissance.
- Le matériau utilisé pour la précipitation est différent du matériau utilisé pour la germination-croissance.
- La fonctionnalisation ne modifie pas à plus de 10% massique la composition des grains.
- Après traitement, la couche superficielle de fonctionnalisation constituée d'au moins le second matériau a une épaisseur maximale de 1 μm sur chaque grain.

Selon un deuxième mode de réalisation :

- dans l'étape initiale, la poudre sélectionnée comprend au moins des particules d'un premier matériau, présentant une première réflectivité optique à la longueur d'onde donnée,
- 5 - l'étape de traitement consiste en une attaque physique et/ou chimique provoquant une augmentation de la rugosité de surface des particules attaquées, abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre, à la longueur d'onde donnée.

10 Selon un troisième mode de réalisation, combinant le premier mode et le second mode, l'étape de traitement comprend :

- un premier traitement de fonctionnalisation, après laquelle la poudre est formée de particules fonctionnalisées comprenant chacune une particule support du premier matériau et une couche superficielle constituée d'au moins un second matériau, puis
- une deuxième traitement comprenant une attaque physique et/ou chimique provoquant
- 15 une augmentation de la rugosité de surface des particules attaquées, abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre, à la longueur d'onde donnée.

Selon des caractéristiques optionnelles de l'invention, selon l'un des trois modes de réalisation :

- 20 - Les particules du premier matériau sont choisies parmi les familles du cuivre et ses alliages, de l'aluminium et ses alliages, ou des métaux précieux et leurs alliages.
- Après traitement, la modification superficielle recouvre entre 10 et 100% de la surface de chaque particule du premier matériau.
- Après traitement, la modification superficielle affecte une épaisseur maximale de 1 μm
- 25 de chaque grain.
- Le traitement ne modifie pas à plus de 10% massique la composition des grains.
- Le traitement abaisse la réflectivité optique de la poudre pour une partie des longueurs d'onde dans la plage entre 800 et 1500 nm.
- Le traitement abaisse la réflectivité optique de la poudre pour toutes les longueurs
- 30 d'onde dans la plage entre 800 et 1500 nm.

L'invention concerne également l'utilisation de la poudre métallique obtenue par la méthode décrite ci-dessus, pour une opération de fabrication additive.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple non limitatif et faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

5 [Fig. 1] la figure 1 est une coupe transversale d'une installation de fabrication additive type SLS.

[Fig. 2] la figure 2 est une coupe transversale montrant l'action du laser sur les grains de poudre.

10 [Fig. 3] la figure 3 est un graphique montrant les réflectivités de l'aluminium, du cuivre, du fer, du zinc, du nickel et du chrome en fonction de la longueur d'onde du laser incident.

[Fig. 4] la figure 4 est une coupe radiale d'une particule fonctionnalisée, obtenue en mettant en œuvre la méthode de préparation de poudre conforme à un premier mode de réalisation de l'invention.

15 [Fig. 5] la figure 5 est un cliché au microscope électronique à balayage (MEB) de grains constitués de particules de Cuivre fonctionnalisées par une couche de Nickel.

[Fig. 6] la figure 6 est une vue en coupe, à une autre échelle, des grains constitués de particules de Cuivre fonctionnalisées par une couche de Nickel

[Fig. 7] la figure 7 est un cliché au MEB de particules d'aluminium avant traitement de fonctionnalisation.

20 [Fig. 8] la figure 8 est un cliché au MEB de grains constitués de particules support d'Aluminium partiellement fonctionnalisées par un dépôt constitué de Zinc, Cuivre et Chrome.

25 [Fig. 9] la figure 9 est une coupe radiale d'une particule attaquée, dont la surface a été modifiée par une attaque chimique, en mettant en œuvre la méthode de préparation de poudre conforme à un second mode de réalisation de l'invention.

[Fig. 10] la figure 10 est un schéma montrant différentes particules en coupe radiale, pour illustrer les différents modes de réalisation de l'invention.

EXPOSE DETAILLE DE L'INVENTION

30 Les figures 1 à 10 permettent d'illustrer l'invention, conçue pour préparer une poudre (1) métallique destinée à un procédé de fabrication additive, du type balayage d'un lit de poudre (2) par faisceau laser (3) dans l'infrarouge proche.

35 Les figures 1 et 2 montrent les étapes de réalisation d'une pièce 3D (5), en mettant en œuvre un procédé de fabrication additive SLM.

1. Une fine couche de poudre (1) est étalée par un rouleau (6) depuis un plateau (7) vers un piston (8), pour former un lit de poudre (2). Au début de la réalisation de la pièce (5), le piston (7) est à son point le plus haut.
2. Cette couche est frittée / fondue par un laser (3) de forte puissance, qui trace une section 2D à la surface de la poudre (1). La solidification de la poudre (1) a lieu immédiatement après l'arrêt du laser (3).
3. Le piston (7) supportant la pièce 3D (5) en cours de réalisation descend de l'épaisseur de la couche réalisée, tandis que les cartouches d'alimentation en poudre ajustent leur niveau avec celui du plateau (7).
4. Une nouvelle couche de poudre est étalée et le processus se répète jusqu'à l'obtention de la pièce 3D (5).

Les poudres (1) utilisées avec cette technologie ont généralement une granulométrie inférieure à 50 μm , avec une distribution qui dépend du type de machine utilisée. Dans tous les cas, la morphologie des poudres (1) est très préférentiellement sphérique afin d'obtenir une coulabilité optimale et un lit de poudre (2) le plus dense et homogène possible.

Comme mentionné plus haut, certains métaux sont difficilement lasables en fabrication additive.

La figure 3 montre les réflectivités optiques (R entre 0% et 100%) de l'Aluminium (Al), du Cuivre (Cu), du Fer (Fe), du Zinc (Zn), du Nickel (Ni) et du Chrome (Cr), représentées en ordonnée, en fonction de la longueur d'onde du laser (WL en μm), représentée en abscisse avec une échelle logarithmique.

Comme montré sur la droite du graphique, avec un laser CO2 ayant une longueur d'onde de l'ordre de 10 μm (entre 9,4 et 10,6 μm), la réflectivité (R) des métaux est très importante. Le laser CO2 n'est donc pas adapté pour le lasage de ces métaux.

Comme montré au centre du graphique, avec un laser YAG ayant une longueur d'onde de l'ordre de 1,064 nm dans l'infrarouge (plus généralement, dans une plage comprise entre 800 et 1500 nm), la réflectivité (R) est plus basse pour le Fer (Fe), le Zinc (Zn), le Nickel (Ni) et le Chrome (Cr), mais toujours importante pour l'Aluminium (Al) et le Cuivre (Cu).

Les figures 4 à 8 illustrent un premier mode de réalisation de la méthode de préparation de poudre (1) conforme à l'invention.

La solution pour mettre en forme les métaux susmentionnés consiste à réaliser une fonctionnalisation superficielle des grains (4) lors de la préparation de la poudre (1).

La poudre (1) reçoit un traitement de fonctionnalisation, consistant à fonctionnaliser au moins partiellement la surface (11) des particules support (10) du premier matériau, en formant une couche superficielle (20) d'au moins un second matériau, présentant une seconde réflectivité optique inférieure à la première réflectivité optique, à la longueur d'onde du laser (3). Cette fonctionnalisation permet d'abaisser la réflectivité optique des grains (4), et donc de la poudre (1), à la longueur d'onde choisie.

Le traitement de fonctionnalisation est choisi pour modifier la surface de la particule support, sans aboutir à un dépôt de nanoparticules.

- 10 En pratique, l'objectif peut être quadruple :
- diminuer la réflectivité optique de la poudre (1) vis-à-vis du laser (3), et ainsi améliorer l'interaction laser/matière,
 - apporter des éléments d'additions en surface des grains (4) pour générer un alliage in situ lors de la mise en forme,
 - 15 - améliorer l'état de surface des pièces mises en forme ;
 - éviter le greffage de nanoparticules.

La figure 4 montre un grain composite (4), comprenant un cœur constitué par une particule support (10) du premier matériau, et une enveloppe constituée par une couche superficielle (20) du second matériau.

Sur cet exemple particulier, l'enveloppe recouvre 100% de la surface (11) de la particule support (10). En alternative, l'enveloppe peut recouvrir entre 10 et 100% de la surface (11).

Le cœur du grain (4) est constitué d'un métal à forte réflectivité optique (Al, Cu, métal précieux), difficilement lasable, tandis que l'enveloppe du grain (4) comprend un métal ou plusieurs métaux à faible réflectivité optique, permettant de réduire la dispersion d'énergie du laser (3) frappant le grain (4), et ainsi faciliter la fusion de la poudre (1).

La fonctionnalisation peut être réalisée selon différentes techniques, par exemple :

- 30 - Par diffusion d'au moins un second matériau sélectionné dans les familles des métaux, des métalloïdes, et des hétéroatomes.
- Par germination-croissance d'un dépôt d'un ou plusieurs matériaux sur les particules du premier matériau (de manière connue, l'expression « germination-croissance » désigne la combinaison de germination et croissance, dans l'ordre germination puis croissance).
- 35 - Par précipitation d'au moins un second matériau, sous forme de composé assurant le rôle de flux (décapant chimique) lors de l'opération de lasage. Le composé est déposé en surface de grain sans diffusion.

Quelle que soit la technique utilisée dans le cadre de l'invention, la fonctionnalisation n'aboutit pas à un dépôt de particules greffées sur la particule support, mais à une zone superficielle modifiée de la particule support.

En d'autres termes, la technique de greffage de particules du second matériau sur les
5 particules support du premier matériau est exclue du cadre de l'invention.

Selon un mode de réalisation particulier, la précipitation peut être réalisée en complément de la germination-croissance.

10 Les figures 5 et 6 illustrent des essais réalisés sur une poudre (1) de Cuivre fonctionnalisée par du Nickel. Les grains (4) comprennent une fine couche continue (20) de Nickel à la surface des particules (10) de Cuivre. Le Nickel présente une faible réflectivité optique, et sa présence en surface des grains (4) permet d'améliorer considérablement l'interaction laser/matière par rapport à une poudre de Cuivre pur.

15

A titre d'exemple, la poudre (1) peut présenter les caractéristiques suivantes :

- Composition chimique théorique : 90% Cuivre et 10% Nickel
- Densité apparente (Hall) : 4,57 g.cm⁻³
- Coulabilité (Hall) : 13s / 50g
- 20 - Granulométrie : 90% < 45 µm

Selon un autre exemple, la poudre (1) peut présenter les caractéristiques suivantes :

- Composition chimique théorique : 90% Cuivre et 10% Nickel
- Densité apparente (Hall) : 2,94 g.cm⁻³
- 25 - Coulabilité (Hall) : 19s / 50g
- Granulométrie : 100% < 50 µm

Des tests de mise en forme par SLM ont ensuite été réalisés avec différentes poudres à base de Cuivre, avec un laser de puissance 400 W.

30 Des pièces massives relativement denses et sans fissurations ont pu être obtenues à partir des poudres (1) fonctionnalisées selon l'invention, décrites ci-dessus.

Parallèlement, des tests de mise en forme de Cuivre pur non fonctionnalisé ont été menés dans les mêmes conditions, avec un laser de puissance 400W. Malgré une campagne d'optimisation des paramètres de mise en forme, il n'a pas été possible d'obtenir de
35 pièces exploitables à partir du Cuivre pur.

En pratique, le cuivre pur peut-être mis en forme par SLM, mais à des puissances laser très élevées (> 500 W). Le besoin de puissances élevées augmente le coût du traitement.

Aussi, le risque de rétro réflexion du laser est important et induit un risque pour l'installation optique.

Les figures 7 et 8 illustrent l'élaboration d'alliages d'Aluminium. La série 7000 est
5 notamment connue pour ces difficultés de mise en forme par SLM. Selon l'invention, des
particules (10) d'Aluminium pur sont préalablement fonctionnalisées par les éléments
constitutifs de l'alliage, c'est-à-dire le Cuivre, le Zinc et le Chrome. Le traitement de
fonctionnalisation peut être réalisé à l'aide d'une technique de dépôt en voie humide dite
10 par immersion (déplacement galvanique). Suite au traitement, l'alliage se trouve en
surface des particules (10) d'Aluminium, avec une enveloppe discontinue composée
d'îlots de Zinc, Cuivre et Chrome.

A titre d'exemple, la poudre (1) peut présenter les caractéristiques suivantes :

- Composition chimique théorique :
 - 15 - Al : 92,27 - 92,45%
 - Zn : 5,4 - 5,6%
 - Cu : 1,5 - 1,7%
 - Cr : 0,23 - 0,25%
- Densité apparente (Hall) : 1,1 g.cm⁻³

20

Cette poudre (1) peut ensuite être mise en forme par SLM. Le traitement de
fonctionnalisation superficielle permet d'une part d'améliorer l'interaction laser/matière en
diminuant la réflectivité de la poudre (1), et d'autre part de créer l'alliage in situ par
diffusion.

25

La figure 9 illustre un second mode de réalisation de la méthode de préparation de poudre
(1) conforme à l'invention, comprenant au moins des particules (10) d'un premier
matériau, présentant une première réflectivité optique à la longueur d'onde du laser.

Dans ce mode de réalisation, la solution pour mettre en forme les métaux peu lasables
30 consiste à réaliser une attaque chimique et/ou physique superficielle des grains (4) lors de
la préparation de la poudre (1), provoquant une augmentation de la rugosité de surface
des particules (10). Cette attaque est par exemple une attaque chimique des grains
supports en voie humide, à l'aide d'un acide ou d'une base, ou à l'aide de traitements
thermochimique d'oxydation/réduction par voie gazeuse en lit fluidisé. Cela permet
35 d'abaisser la réflectivité optique des grains (4), et donc de la poudre (1), à la longueur
d'onde du laser. L'interaction laser/matière est ainsi améliorée.

La figure 10 illustre différents modes de réalisation de l'invention.

Dans le premier mode M1, la fonctionnalisation est réalisée par germination puis croissance d'une couche superficielle (20) sur une particule support (10). Le sous-mode M21 montre une fonctionnalisation partielle, avec une couche (20) discontinue. Le sous-mode M22 montre une fonctionnalisation continue, avec de fortes variations d'épaisseur de la couche (20) continue. Le sous-mode M23 montre une fonctionnalisation continue, avec de faibles variations d'épaisseur de la couche (20) continue. Dans les sous-modes M22 et M23, la rugosité est contrôlée.

Dans le second mode M2, la modification superficielle est réalisée par une attaque physique et/ou chimique.

Dans le troisième mode M3, les particules (10) du premier matériau subissent un traitement de fonctionnalisation, puis les particules fonctionnalisées (10+20) subissent une attaque physique et/ou chimique.

Quel que soit le mode de réalisation de l'invention :

- la poudre sélectionnée initialement présente une réflectivité optique supérieure à 70% pour au moins une longueur d'onde comprise dans une plage entre 800 et 1500 nm ;
- le traitement permet d'abaisser la réflectivité optique de la poudre au moins sur cette longueur d'onde donnée, dans cette plage de 800 à 1500 nm ;

- le traitement est différent d'un greffage de particules.

La poudre (1) peut être conformée différemment des figures 4 à 10 sans sortir du cadre de l'invention, qui est définie par les revendications. En outre, les caractéristiques techniques des différentes variantes mentionnées dans la description peuvent être, en totalité ou pour certaines d'entre elles, combinées entre elles. Ainsi, la poudre (1) peut être adaptée aux applications visées.

REVENDICATIONS

1. Méthode de préparation d'une poudre (1) métallique destinée à un procédé de fabrication additive, du type balayage d'un lit de poudre (2) par faisceau laser (3) dans l'infrarouge proche, caractérisée en ce que la méthode comprend :
- une étape initiale de sélection d'une poudre (1), qui présente une réflectivité optique supérieure à 70% pour une longueur d'onde comprise dans une plage entre 800 et 1500 nm ; puis
 - une étape de traitement de ladite poudre (1), qui est différent d'un greffage de particules, et qui induit une modification superficielle physique et/ou chimique des grains (4) de ladite poudre (1), permettant d'abaisser sa réflectivité optique, à la longueur d'onde donnée, les grains (4) ayant après traitement une granulométrie médiane d50 comprise entre 5 et 50 µm.
2. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que dans l'étape initiale, la poudre (1) sélectionnée comprend au moins des particules support (10) d'un premier matériau, présentant une première réflectivité optique à la longueur d'onde donnée, et en ce que l'étape de traitement comprend une fonctionnalisation au moins partielle de la surface (11) des particules support (10) du premier matériau, par diffusion, par germination-croissance ou par précipitation, sans aboutir à un dépôt de nanoparticules, en formant une couche superficielle (20) d'au moins un second matériau présentant une seconde réflectivité optique, inférieure à la première réflectivité optique, abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre (1), à la longueur d'onde donnée.
3. Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que dans l'étape initiale, la poudre (1) sélectionnée comprend au moins des particules (10) d'un premier matériau, présentant une première réflectivité optique à la longueur d'onde donnée, et en ce que l'étape de traitement comprend une attaque physique et/ou chimique provoquant une augmentation de la rugosité de surface des particules (10), abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre (1), à la longueur d'onde donnée.
4. Méthode selon la revendication 2, caractérisée en ce l'étape de traitement comprend la fonctionnalisation, après laquelle la poudre (1) est formée de particules fonctionnalisées (10+20) comprenant chacune une particule support (10) du premier matériau et une couche superficielle (20) constituée d'au moins un second matériau, puis un deuxième traitement comprenant une attaque physique et/ou chimique

provoquant une augmentation de la rugosité de surface des particules fonctionnalisées (10+20), abaissant ainsi la réflectivité optique de la poudre (1), à la longueur d'onde donnée.

- 5 5. Méthode selon l'une quelconque des revendications 2 ou 4, caractérisée en ce que la fonctionnalisation comprend une diffusion d'au moins un second matériau sélectionné dans les familles des métaux, des métalloïdes et des hétéroatomes.
- 10 6. Méthode selon l'une quelconque des revendications 2 ou 4, caractérisée en ce que la fonctionnalisation comprend une germination-croissance d'un dépôt d'au moins un second matériau sur les particules du premier matériau.
- 15 7. Méthode selon l'une quelconque des revendications 2, 4 ou 5, caractérisée en ce que la fonctionnalisation comprend une précipitation d'au moins un second matériau, sous forme de composé assurant le rôle de flux lors de l'opération de lasage.
- 20 8. Méthode selon l'une quelconque des revendications 2, 4, 5, 6 ou 7, caractérisée en ce que la fonctionnalisation ne modifie pas à plus de 10% massique la composition des grains (4).
- 25 9. Méthode selon l'une quelconque des revendications 2, 4, 5, 6, 7 ou 8, caractérisée en ce que la couche superficielle de fonctionnalisation constituée d'au moins le second matériau a une épaisseur maximale de 1 μm sur chaque grain.
- 30 10. Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que le traitement ne modifie pas à plus de 10% massique la composition des grains.
- 30 11. Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la modification superficielle affecte une épaisseur maximale de 1 μm de chaque grain.
- 35 12. Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisée en ce que les particules (10) du premier matériau sont choisies parmi les familles du cuivre et ses alliages, de l'aluminium et ses alliages, ou des métaux précieux et leurs alliages.

13. Méthode selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisée en ce qu'après traitement, la modification superficielle recouvre entre 10 et 100% de la surface de chaque particule (10) du premier matériau.
- 5 14. Utilisation de la poudre (1) métallique obtenue par la méthode selon l'une des revendications 1 à 13, pour une opération de fabrication additive.