



Science Arts & Métiers (SAM)

is an open access repository that collects the work of Arts et Métiers Institute of Technology researchers and makes it freely available over the web where possible.

This is an author-deposited version published in: <https://sam.ensam.eu>
Handle ID: <http://hdl.handle.net/10985/25348>

To cite this version :

Laurent PELTIER - Procédé de fabrication additive de pièces métalliques et pièces obtenues..
2022-04-20. Brevet n° FR3134734A1

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository

Administrator : scienceouverte@ensam.eu



19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 134 734

21 N° d'enregistrement national : 22 03664

51 Int Cl⁸ : B 22 F 3/105 (2022.01), B 33 Y 10/00, 80/00

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.04.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 27.10.23 Bulletin 23/43.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PINT Société par actions simplifiée — FR, UNIVERSITE DE LORRAINE Etablissement public national à caractère scientifique, culturel et professionnel — FR, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique — FR et ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS (ENSAM) Etablissement public national à caractère scientifique, culturel et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : DIDIER Paul, LOHMULLER Paul, LE COZ Gaël et PELTIER Laurent.

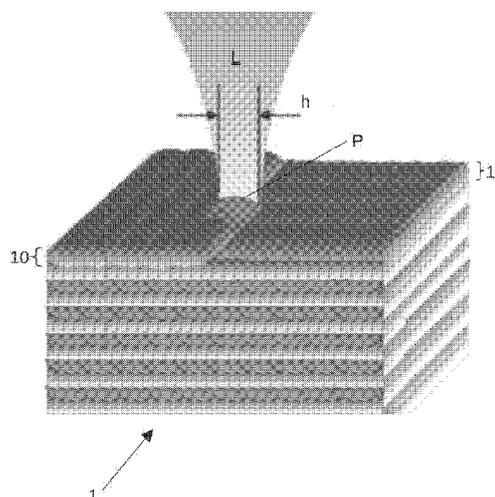
73 Titulaire(s) : PINT Société par actions simplifiée, UNIVERSITE DE LORRAINE Etablissement public national à caractère scientifique, culturel et professionnel, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE (C.N.R.S.) Etablissement Public à caractère Scientifique et Technologique, ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARTS ET METIERS (ENSAM) Etablissement public national à caractère scientifique, culturel et professionnel.

74 Mandataire(s) : ACTALIUM.

54 Procédé de fabrication additive de pièces métalliques et pièces obtenues.

57 Selon un procédé de fabrication additive d'une pièce (2, 3, 4) par fusion laser de couches de poudre métallique, on utilise une poudre d'un alliage présentant une transformation de phase austénitique en phase martensitique à une température de transformation prédéterminée. On subdivise la pièce en au moins un premier et un deuxième volume (21, 22), on applique des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le premier volume (21) permettant d'obtenir un alliage avec une première température de transformation, on applique des deuxièmes conditions d'éclairement différentes des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le deuxième volume afin de modifier la composition chimique de l'alliage et d'obtenir une deuxième température de transformation dans le deuxième volume (22) différente de la première température de transformation.

Figure pour l'abrégié: Fig. 1



FR 3 134 734 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de fabrication additive de pièces métalliques et pièces obtenues.

Domaine technique

[0001] L'invention concerne la fabrication additive par fusion de poudre métallique par laser, notamment pour des alliages aptes à avoir des propriétés de mémoire de forme, de pseudo-élasticité ou de superélasticité. Elle concerne également des pièces obtenues par ce procédé.

Technique antérieure

[0002] Les alliages à mémoire de forme sont des matériaux dont la propriété active repose sur la possibilité d'un changement de phase à l'état solide, notamment une transformation dite martensitique dans laquelle de l'austénite se transforme en martensite. L'application d'un travail mécanique sur ces matériaux induit une déformation au passage de la phase austénitique à la phase martensitique. Dans un second temps, l'application d'un champ thermique permet de recouvrer la déformation grâce à la transformation inverse. On parle alors d'alliage à mémoire de forme.

[0003] Les températures de transformation et les niveaux de contraintes nécessaires à la transformation martensitique sont directement fonctions de la composition chimique de l'alliage. La valeur de cette température a une influence directe sur les comportements mécaniques observés à une température donnée. On distingue trois types de comportement :

- lorsque la température de travail est inférieure aux points de transformation : on parle d'effet mémoire thermo-activable, où l'application d'une contrainte induit une déformation par transformation de phase et pour laquelle l'apport de chaleur au-delà de la température de transformation permet de recouvrer la forme initiale ;
- lorsque la température de travail est supérieure au point de transformation, l'alliage revient à une déformation nulle dans une phase austénitique lors du déchargement. On parle alors d'effet superélastique ;
- pour une température de travail de l'ordre de la température de transformation, le changement de phase induit par l'application d'un travail est partiel, ce qui se traduit par un retour complet ou quasi complet au déchargement, mais à un niveau de contraintes beaucoup faible qu'au chargement, et où une importante partie du travail pour déformer le matériau est donc absorbée. On parle d'effet pseudo-élastique.

[0004] Le contrôle du comportement obtenu est donc directement corrélé aux températures de transformation, elles-mêmes fonctions de la composition chimique de l'alliage. Et, pour une composition donnée, les trois comportements sont chacun associés à une

gamme de température.

- [0005] On connaît la fabrication additive métallique selon laquelle on étale de fines couches successives de poudre métallique les unes sur les autres, et on déplace sélectivement le point d'impact d'un faisceau laser sur la dernière couche afin de fondre le métal et de l'agglomérer ainsi à la couche sous-jacente. On contrôle notamment l'épaisseur des couches, la puissance du laser, la vitesse de déplacement du point d'impact et l'écartement entre les passes successives du laser. À la fin des opérations, on retire la poudre non agglomérée et il subsiste une ou plusieurs pièces métalliques. Le choix des zones exposées au laser détermine la forme finale de la pièce.
- [0006] On peut ainsi construire des pièces métalliques avec de très bonnes propriétés mécaniques et une grande liberté dans les formes. On peut ainsi fabriquer notamment des implants prothétiques adaptés à chaque patient.
- [0007] Dans le document US 10,662,513 B2, on a proposé des implants réalisés par fabrication additive dans lesquels le volume est subdivisé en zones aux propriétés distinctes, notamment des zones superélastiques et des zones aux propriétés à mémoire de forme. Le comportement différent des zones est obtenu en déposant de la poudre de différentes compositions dans ces zones.
- [0008] La modulation de la composition ne peut se faire que par couche, ce qui ne permet pas de réaliser des pièces avec toute la liberté souhaitée au niveau de la répartition des zones aux propriétés différentes.

Exposé de l'invention

- [0009] L'invention vise à fournir un procédé de fabrication additive de pièces ayant de multiples propriétés avec toute la liberté de choix dans la répartition de ces zones. Elle vise également des pièces obtenues par ce procédé.
- [0010] Avec ces objectifs en vue, l'invention a pour objet un procédé de fabrication additive d'une pièce par fusion laser de couches de poudre métallique, selon lequel on utilise une poudre d'un alliage présentant une transformation de phase austénitique en phase martensitique à une température de transformation prédéterminée, le procédé étant caractérisé en ce qu'on subdivise la pièce en au moins un premier et un deuxième volume, on applique des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le premier volume permettant d'obtenir un alliage avec une première température de transformation, on applique des deuxièmes conditions d'éclairement différentes des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le deuxième volume afin de modifier la composition chimique de l'alliage et d'obtenir une deuxième température de transformation dans le deuxième volume différente de la première température de transformation.
- [0011] Les inventeurs se sont rendu compte qu'il était possible de régler en direct la teneur

de l'alliage en ajustant l'éclairement laser sur la poudre pendant l'étape de fusion de celle-ci. Avec un éclairement juste nécessaire pour obtenir la fusion, la teneur des métaux de l'alliage ne bouge pas. Mais avec un éclairement plus dense en énergie, certains composants sont partiellement évaporés, ce qui modifie la composition chimique locale du matériau de la pièce fabriquée, et donc sa température de transformation martensitique, et donc ses propriétés. Avec la même poudre de départ, il est possible ainsi de moduler les propriétés de l'alliage dans toute partie de la pièce.

- [0012] Selon une disposition du procédé, les températures de transformation sont choisies pour obtenir au moins un premier et un deuxième volume avec au moins deux propriétés distinctes parmi la mémoire de forme, la superélasticité et la pseudo-élasticité. On peut ainsi combiner dans une même pièces des volumes ayant des propriétés distinctes.
- [0013] Selon une disposition, l'alliage de la poudre comprend entre 2 et 72 % de titane, le reste étant composé d'au plus 53 % de nickel, d'au plus 20 % de cuivre, d'au plus 20 % de cobalt, d'au plus 21 % de hafnium, d'au plus 34 % de zirconium, d'au plus 26 % de palladium, d'au plus 26 % de platine, d'au plus 42 % d'or, d'au plus 44 % de fer, d'au plus 10 % de vanadium, d'au plus 28 % de niobium, d'au plus 28 % de tantale et d'au plus 10 % d'aluminium, les teneurs étant atomiques.
- [0014] Selon un perfectionnement, la poudre est un alliage de titane et de nickel, la teneur en nickel étant inférieure à 55 %, de préférence inférieure à 52 % en rapport atomique. En fonction de l'éclairement, la teneur en nickel peut être abaissée. En partant d'une valeur à 55 %, pour laquelle l'alliage a une propriété de superélasticité, avec une température de transformation martensite vers ausénite finale inférieure à 0 °C, on peut passer à un matériau avec des propriétés pseudo-élastiques, avec une température de transformation martensite vers austénite finale comprise entre 0 °C et 15 °C, ou à un matériau avec des propriétés à mémoire de forme, avec une température de transformation martensite vers austénite finale supérieure à 15 °C. On peut partir d'une valeur de teneur en nickel inférieure à 52 % pour un matériau présentant de propriétés pseudo-élastiques et faire évoluer certaines zones en alliage à mémoire de forme.
- [0015] L'invention a aussi pour objet une pièce obtenue par le procédé tel que décrit précédemment.
- [0016] Dans un mode de réalisation, la pièce comporte un premier volume superélastique et un deuxième volume qui a des propriétés de pseudo-élasticité. La pièce a ainsi des propriétés de faible module d'Young, par exemple pour être en contact avec l'os pour favoriser la tenue de la liaison entre l'implant et l'os, le reste de la pièce ayant une plus forte résistance.
- [0017] Selon un autre mode de réalisation, la pièce comporte au moins un premier volume ayant des propriétés de pseudo-élasticité, un deuxième volume

ayant des propriétés de mémoire de forme et au moins un troisième volume ayant des propriétés de superélasticité.

[0018] Selon un autre mode de réalisation, la pièce est un dispositif de pseudo-élasticité comportant un premier volume avec des propriétés de pseudo-élasticité s'étendant dans une direction longitudinale et au moins un deuxième volume s'étendant parallèlement au premier volume dans la direction longitudinale et ayant des propriétés de mémoire de forme.

[0019] Selon un perfectionnement, un essai de calorimétrie différentielle à balayage conduit selon la norme ASTM-F2004, édition de 2017, sur la pièce met en évidence au moins deux températures de transformation finale de martensite vers austénite distinctes, l'une au moins des températures de transformation étant inférieure à 15 °C. Ce type d'essai permet de caractériser au plus précis les propriétés des alliages à mémoire de forme, et pas uniquement ceux en titane-nickel. Les transformations de phases sont mises en évidence par des quantifications de l'énergie nécessaire pour des montées ou des descentes en température

Brève description des figures

[0020] L'invention sera mieux comprise et d'autres particularités et avantages apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, la description faisant référence aux dessins annexés parmi lesquels :

- [0021] • la [Fig.1] est une vue schématique en perspective d'une phase de fabrication de la pièce selon le procédé de l'invention ;
- la [Fig.2] est un diagramme représentant la température de transformation martensitique en fonction de l'éclairement du laser ;
- la [Fig.3] est une vue de côté d'une pièce conforme à un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.4] est une vue similaire à la [Fig.3] de la pièce dans un état compressé ;
- la [Fig.5] est une vue en perspective d'une pièce conforme à un deuxième mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.6] est une vue de côté d'une pièce conforme à un troisième mode de réalisation de l'invention ;
- la [Fig.7] est une vue similaire à la [Fig.6] de la pièce dans un état déformé
- la [Fig.8] est un diagramme d'essai de calorimétrie différentielle à balayage.

Description détaillée

[0022] Dans un procédé de fabrication additive d'une pièce 1 par fusion laser de couches de poudre métallique conforme à l'invention, on étale de fines couches successives de poudre métallique les unes sur les autres, et, comme montré sur la [Fig.1], on déplace le point d'impact P d'un faisceau laser L sur la dernière couche 10 afin de fondre le

métal et de l'agglomérer ainsi à la couche sous-jacente 11. À la fin des opérations, on retire la poudre non agglomérée et il subsiste une ou plusieurs pièces métalliques. On utilise une poudre d'un alliage présentant une transformation de phase austénitique en phase martensitique à une température de transformation prédéterminée. À titre indicatif, la poudre présente par exemple une granulométrie comprise entre 10 à 120 μm . Les couches ont une épaisseur comprise entre 20 et 120 μm , selon la granulométrie. L'impact du laser est déplacé à une vitesse comprise typiquement entre 400 et 2 500 mm/s avec une puissance comprise entre 40 et 400 W avec des passes espacées entre elles de 20 à 150 μm .

[0023] On subdivise la pièce en plusieurs volumes et on applique des conditions d'éclairement distinctes sur chaque zone destinée à former l'un des volumes. En fonction de la composition initiale et en fonction du niveau d'éclairement, on obtient un alliage avec composition chimique modifiée du fait de la sublimation d'au moins l'un des métaux de la poudre. On obtient ainsi des températures de transformation distinctes selon les volumes de la pièce. Les températures de transformation sont choisies pour obtenir au moins un premier et un deuxième volume avec au moins deux propriétés distinctes parmi la mémoire de forme, la superélasticité et la pseudo-élasticité.

[0024] Dans un mode de réalisation, la poudre est un alliage de titane et de nickel, la teneur en nickel étant de 52 % en rapport atomique. La [Fig.2] montre un diagramme montrant l'évolution de la température de transformation martensitique d'échantillons obtenus par le procédé de fabrication additive en faisant évoluer la distance entre les passes, les autres paramètres étant maintenus constants. Le diagramme est exprimé en fonction de l'éclairement E . Cet éclairement E est la quantité d'énergie émise par le laser rapportée à l'unité de volume de la pièce, selon la formule :

$$[0025] \quad E = \frac{P}{eltv}$$

[0026] dans laquelle P est la puissance du laser, e est l'épaisseur de la couche, v est la vitesse de déplacement du point d'impact et h est la distance entre passes. On constate que la température de transformation martensitique augmente avec la densité d'énergie.

[0027] Trois échantillons A, B, C ont été réalisés avec trois densités d'énergie distinctes. Chaque échantillon a été soumis à un essai de calorimétrie différentielle selon la norme ASTM-F2004, édition de 2017. Le diagramme de la [Fig.8] montre les mesures de flux en fonction de la température, dans une phase de chauffage A_c , B_c , C_c respectivement, puis dans une phase de refroidissement A_r , B_r , C_r , pour les trois échantillons A, B, C. On constate que pour l'échantillon A, la température de fin de transformation finale T_{fA} de martensite vers austénite est de -5°C , pour l'échantillon B, la température de

fin de transformation finale TfB de martensite vers austénite est de 50 °C, et pour l'échantillon C, la température de fin de transformation finale TfC de martensite vers austénite est de 100 °C.

[0028] Différents types de pièces peuvent être réalisés avec le procédé selon l'invention.

[0029] Dans un premier mode de réalisation montré sur les figures 3 et 4, la pièce 2 est un dispositif de pseudo-élasticité comportant un premier volume 21 avec des propriétés de pseudo-élasticité s'étendant dans une direction longitudinale et au moins un deuxième volume 22 s'étendant parallèlement au premier volume dans la direction longitudinale et ayant des propriétés de mémoire de forme. Le premier volume 21 a la forme d'un pilier 210 s'étendant dans la direction longitudinale entre deux semelles 211 plus larges que le pilier 210. Parallèlement au pilier 210 et entre les semelles 211 s'étendent deux deuxième volumes 22, comme montré sur la [Fig.3]. La [Fig.4] montre l'état de la pièce lorsqu'elle est sollicitée par des efforts de compression axiale, dans la direction longitudinale entre les semelles 211. Le premier volume 21 se comprime avec un amortissement tandis que les deuxième volumes 22 flambent. Après le relâchement des efforts, les deuxième volumes 22 ne fournissent aucune sollicitation et la pièce reste compressée jusqu'à ce que les deuxième volumes 22 soient chauffés au-dessus de leur température de transformation. La pièce retrouve alors sa forme d'origine.

[0030] Dans un deuxième mode de réalisation montré sur la [Fig.5], la pièce 3 comporte au moins un premier volume 31 ayant des propriétés de pseudo-élasticité, un deuxième volume 32 ayant des propriétés de mémoire de forme et au moins un troisième volume 33 ayant des propriétés de superélasticité. En fait, la pièce se distingue de celle du deuxième mode de réalisation en ce que les semelles sont remplacées par des blocs d'accouplement 33 ayant des propriétés superélastiques, et en ce que les deuxième volumes 32 n'ont pas une forme rectiligne mais présentent un col de cygne 320 à mi-distance des blocs d'accouplement 33. Le pilier 31 a une section en forme de croisillon. À la température ambiante, le pilier 31 permet l'absorption des chocs, les deuxième volumes 32 permettent une réinitialisation du comportement par chauffage au-dessus de leur température d'activation et les accouplements 33 préservent le maintien de la structure à toutes les températures. Une telle pièce 3 peut être utilisée dans le génie civil ou la construction pour des applications parasismiques. Elle peut également être utilisée pour un support antivibratile, par exemple pour un support de miroir de télescope.

[0031] Dans un quatrième mode de réalisation, montré sur les figures 6 et 7, la pièce 4 est constituée d'une plaque dont un premier volume 41 possède des propriétés à mémoire de forme tandis qu'un deuxième volume 42 restant a des propriétés superélastiques. L'exposition du dispositif 4 depuis la forme montrée sur la [Fig.6] à un champ

thermique induit un changement de phase dans le premier volume 41 induisant une déformation, comme montré sur la [Fig.7]. La forme initiale est représentée en traits mixtes. Le retour à une température initiale induit un retour à la forme initiale grâce au retour élastique du deuxième volume 42.

Revendications

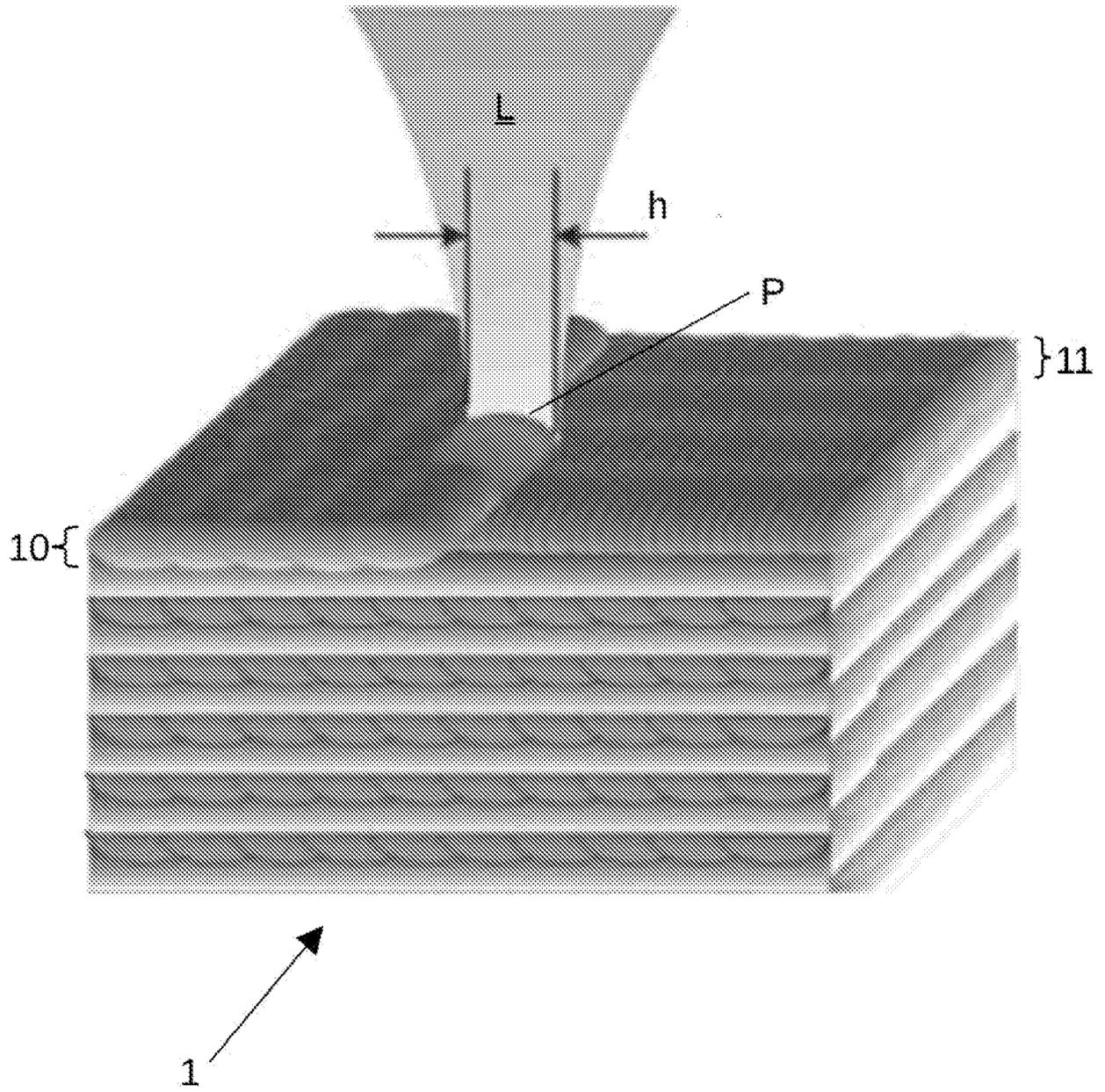
- [Revendication 1] Procédé de fabrication additive d'une pièce (2, 3, 4) par fusion laser de couches de poudre métallique, selon lequel on utilise une poudre d'un alliage présentant une transformation de phase austénitique en phase martensitique à une température de transformation prédéterminée, le procédé étant caractérisé en ce qu'on subdivise la pièce en au moins un premier et un deuxième volume (21, 22), on applique des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le premier volume (21) permettant d'obtenir un alliage avec une première température de transformation, on applique des deuxièmes conditions d'éclairement différentes des premières conditions d'éclairement sur les zones destinées à former le deuxième volume afin de modifier la composition chimique de l'alliage et d'obtenir une deuxième température de transformation dans le deuxième volume (22) différente de la première température de transformation.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, selon lequel les températures de transformation sont choisies pour obtenir au moins un premier et un deuxième volume (21, 22) avec au moins deux propriétés distinctes parmi la mémoire de forme, la superélasticité et la pseudo-élasticité.
- [Revendication 3] Procédé selon l'une des revendications précédentes, selon lequel l'alliage de la poudre comprend entre 2 et 72 % de titane, le reste étant composé d'au plus 53 % de nickel, d'au plus 20 % de cuivre, d'au plus 20 % de cobalt, d'au plus 21 % de hafnium, d'au plus 34 % de zirconium, d'au plus 26 % de palladium, d'au plus 26 % de platine, d'au plus 42 % d'or, d'au plus 44 % de fer, d'au plus 10 % de vanadium, d'au plus 28 % de niobium, d'au plus 28 % de tantale et d'au plus 10 % d'aluminium, les teneurs étant atomiques.
- [Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel la poudre est un alliage de titane et de nickel, la teneur en nickel étant inférieure à 55 %, de préférence inférieure à 52 % en rapport atomique .
- [Revendication 5] Pièce caractérisée en ce qu'elle est obtenue par le procédé selon l'une des revendications 1 à 4.
- [Revendication 6] Pièce selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle est comporte un premier volume superélastique et un deuxième volume qui a des propriétés de pseudo-élasticité.
- [Revendication 7] Pièce selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle comporte au moins un premier volume (31) ayant des propriétés de pseudo-élasticité,

un deuxième volume (32) ayant des propriétés de mémoire de forme et au moins un troisième volume (31) ayant des propriétés de superélasticité.

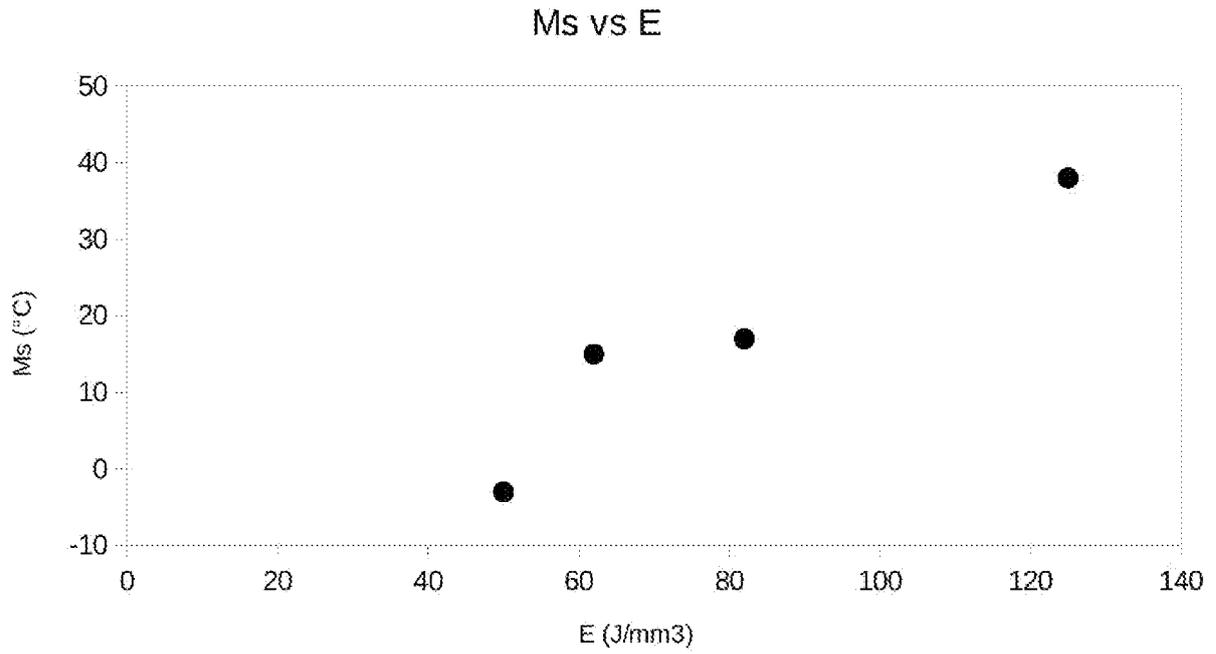
[Revendication 8] Pièce selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'elle est un dispositif de pseudo-élasticité comportant un premier volume (21) avec des propriétés de pseudo-élasticité s'étendant dans une direction longitudinale et au moins un deuxième volume (22) s'étendant parallèlement au premier volume dans la direction longitudinale et ayant des propriétés de mémoire de forme.

[Revendication 9] Pièce selon l'une des revendications 5 à 8, dans laquelle un essai de calorimétrie différentielle à balayage sur la pièce met en évidence au moins deux températures de transformation distinctes, l'une au moins des températures de transformation étant inférieure à 15 °C.

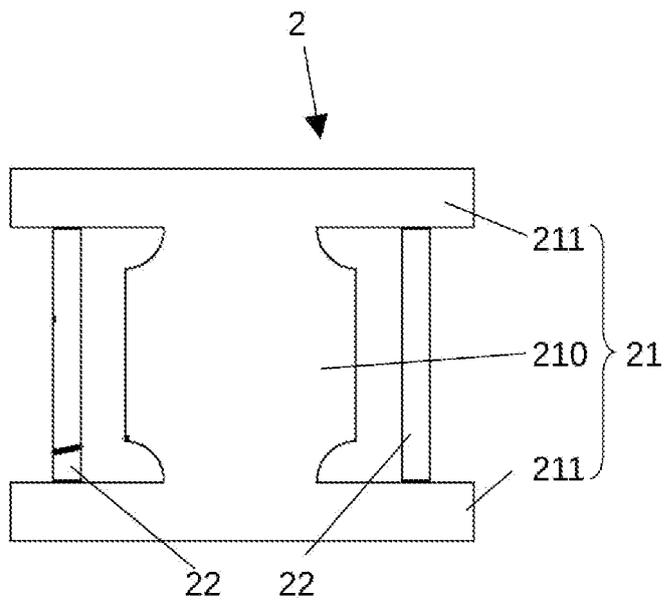
[Fig. 1]



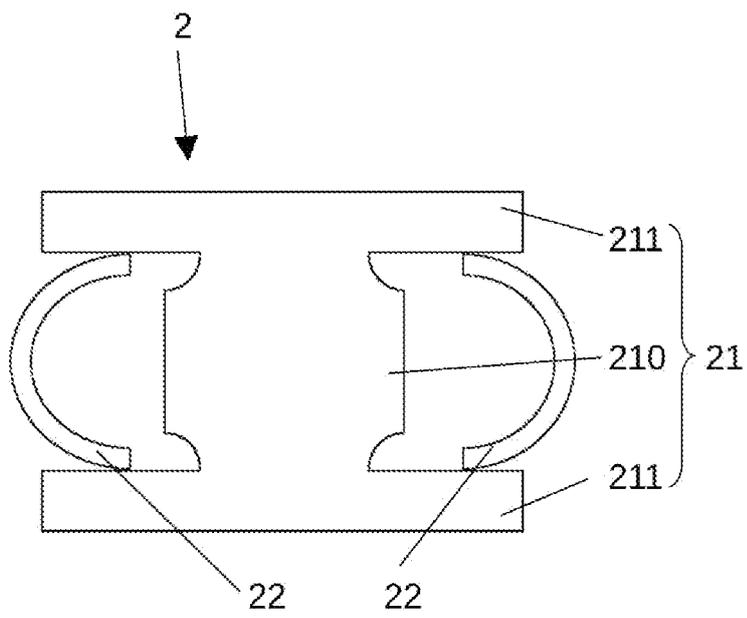
[Fig. 2]



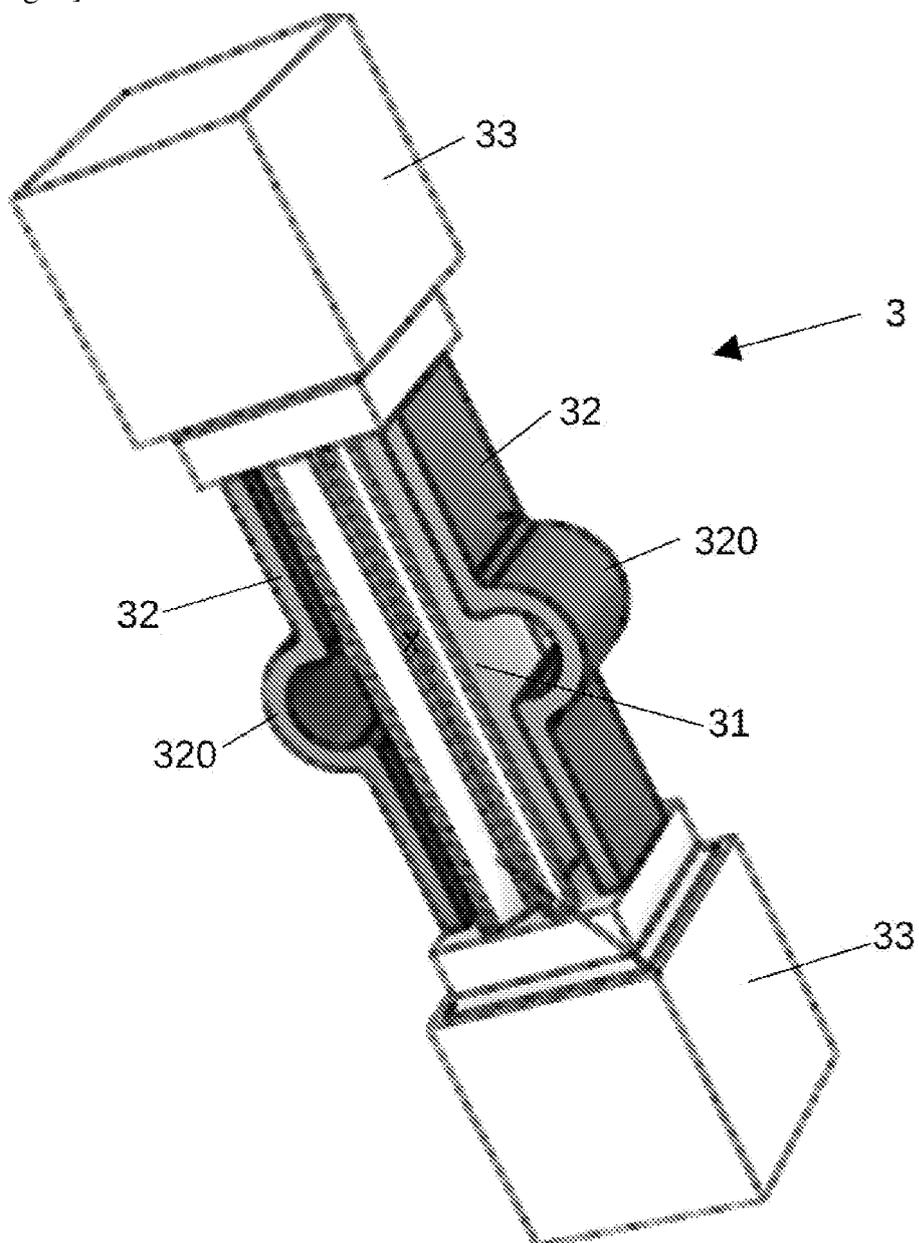
[Fig. 3]



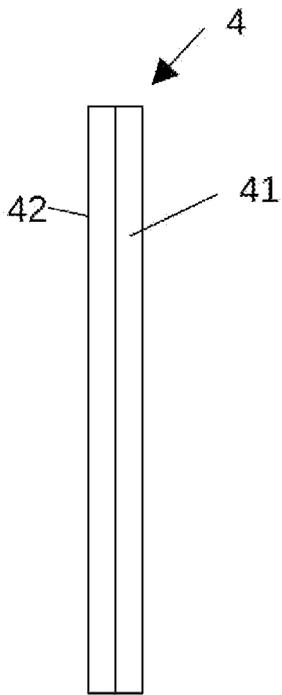
[Fig. 4]



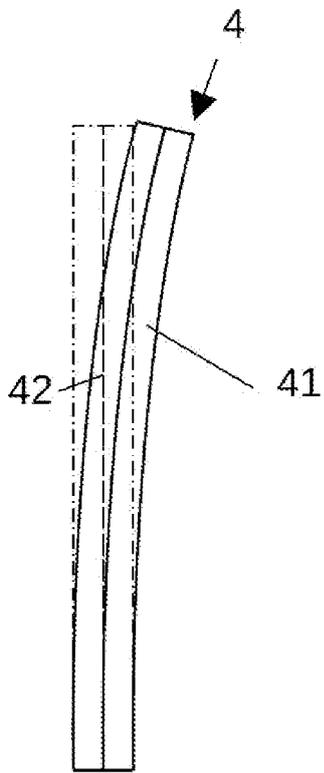
[Fig. 5]



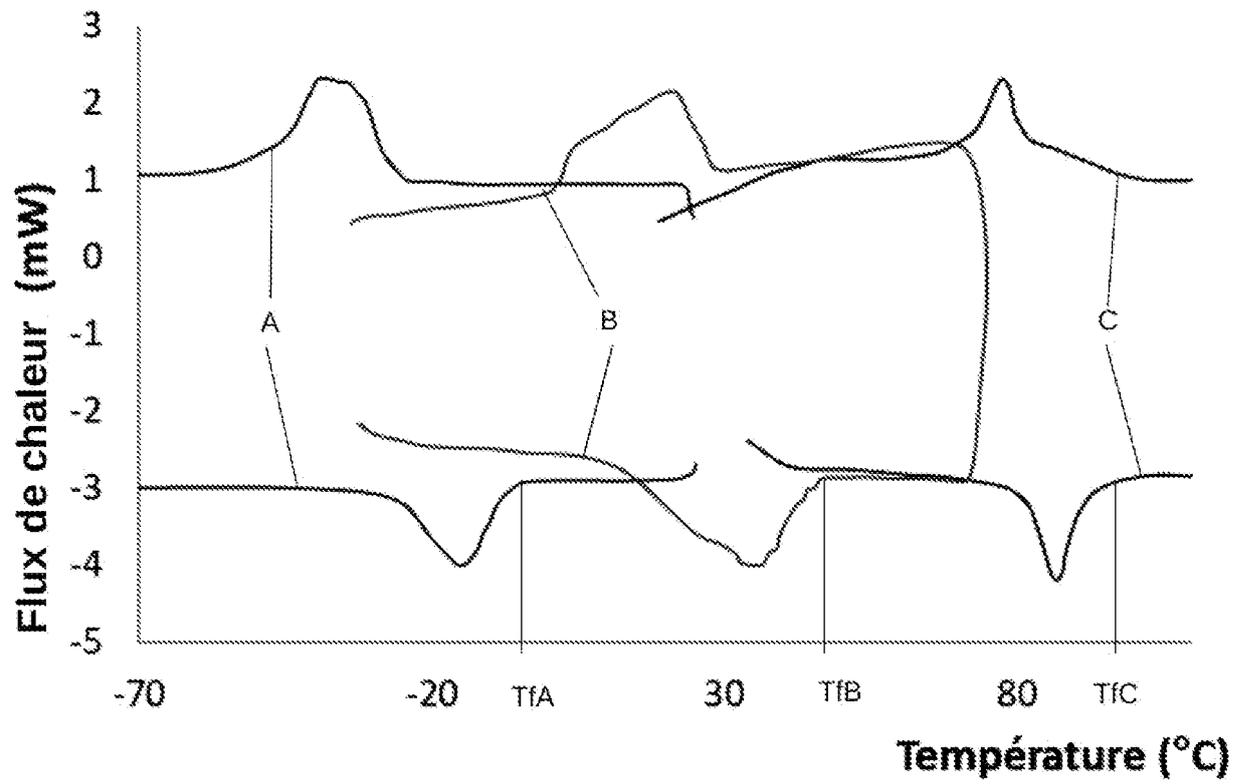
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 906619
FR 2203664

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>MCCUE IAN D ET AL: "Controlled shape-morphing metallic components for deployable structures", MATERIALS & DESIGN, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 208, 26 juin 2021 (2021-06-26), XP086728507, ISSN: 0264-1275, DOI: 10.1016/J.MATDES.2021.109935 [extrait le 2021-06-26]</p> <p>* abrégé *</p> <p>* page 2, colonne de gauche, alinéa 2 - colonne de droite, alinéa 3 *</p> <p>* page 3, colonne de gauche, alinéa 3.1 - page 6, colonne de gauche, alinéa 1; figures 3-6 *</p> <p>* figure 11 *</p> <p>* page 11, colonne de droite, dernier alinéa - page 12, colonne de gauche, alinéa 2 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-5	<p>B22F3/105 B33Y10/00 B33Y80/00</p>
			<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p> <p>B22F C22C B33Y</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 décembre 2022		Ceulemans, Judy	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		<p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>	
<p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p>			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

**FA 906619
FR 2203664**

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>GAO SHIMING ET AL: "Slender structure of nickel-titanium shape memory alloy fabricated by continuous directed energy deposition", SPIE SMART STRUCTURES AND MATERIALS + NONDESTRUCTIVE EVALUATION AND HEALTH MONITORING, 2005, SAN DIEGO, CALIFORNIA, UNITED STATES, SPIE, US, vol. 11588, 22 mars 2021 (2021-03-22), pages 1158810-1158810, XP060143370, ISSN: 0277-786X, DOI: 10.1117/12.2583410 ISBN: 978-1-5106-4548-6</p> <p>* abrégé *</p> <p>* 1. Introduction; page 1 - page 2, alinéa 1 *</p> <p>* page 2, dernier alinéa; figure 1; tableau 1 *</p> <p>* 3. Results and discussion; 3.1 Phase constituant; page 4 *</p> <p>* 3.2 Microstructure; page 5 *</p> <p>* 4. Conclusion; page 7 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p> <p style="text-align: center;">-/--</p>	1-5	<p>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</p>
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 décembre 2022		Ceulemans, Judy	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>..... & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1
EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 906619
FR 2203664

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	<p>CHRISTOPH HABERLAND ET AL: "On the development of high quality NiTi shape memory and pseudoelastic parts by additive manufacturing", SMART MATERIALS AND STRUCTURES, IOP PUBLISHING LTD., BRISTOL, GB, vol. 23, no. 10, 12 septembre 2014 (2014-09-12), page 104002, XP020271327, ISSN: 0964-1726, DOI: 10.1088/0964-1726/23/10/104002 [extrait le 2014-09-12]</p> <p>* abrégé *</p> <p>* 1. Introduction; page 1, colonne de gauche, alinéa 1 - colonne de droite, alinéa 2 *</p> <p>* 3 Results; 3.1Process optimization; page 3 - page 11, colonne de droite, alinéa 2 *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-5	
X	<p>US 2020/283879 A1 (AYERS REED A [US]) 10 septembre 2020 (2020-09-10)</p> <p>* alinéas [0011] - [0023]; revendications; figures *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	5-9	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
A	<p>WO 2021/027300 A1 (UNIV SOUTH CHINA TECH [CN]) 18 février 2021 (2021-02-18)</p> <p>* alinéas [0001] - [0002], [0006], [0008], [0013] - [0017]; revendications; figures; exemples *</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-9	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 décembre 2022		Ceulemans, Judy	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2203664 FA 906619**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-12-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2020283879 A1	10-09-2020	US 2018030580 A1	01-02-2018
		US 2020283879 A1	10-09-2020

WO 2021027300 A1	18-02-2021	CN 110465662 A	19-11-2019
		US 2021394269 A1	23-12-2021
		WO 2021027300 A1	18-02-2021
