

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 042 065

②1 N° d'enregistrement national : **15 02078**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 01 L 23/36 (2017.01), H 01 L 21/56**

⑫ **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 **Date de dépôt** : 06.10.15.

③0 **Priorité** :

④3 **Date de mise à la disposition du public de la demande** : 07.04.17 Bulletin 17/14.

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)** : THALES Société anonyme — FR.

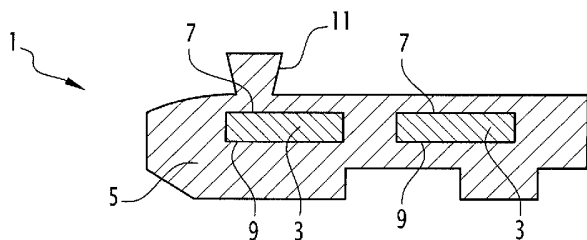
⑦2 **Inventeur(s)** : VOUZELAUD FRANCK et VIONNET HARO VALÉRIE.

⑦3 **Titulaire(s)** : THALES Société anonyme.

⑦4 **Mandataire(s)** : CABINET LAVOIX Société par actions simplifiée.

⑤4 **PROCEDE DE FABRICATION D'UN DRAIN THERMIQUE ET DRAIN THERMIQUE ASSOCIE.**

⑤7 L'invention concerne un procédé de fabrication d'un drain thermique (1) comprenant:
- la fourniture d'au moins un insert (3);
- l'encapsulation du ou de chaque insert (3) dans une enveloppe de protection (5). L'étape d'encapsulation comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection (5) sur le ou chaque insert (3).



FR 3 042 065 - A1



Procédé de fabrication d'un drain thermique et drain thermique associé

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un drain thermique comprenant :

- la fourniture d'au moins un insert;
- l'encapsulation du ou de chaque insert dans une enveloppe de protection.

Pour refroidir des matériels électroniques aéroportés, on connaît, par exemple du document US 6,215,661, des drains thermiques comprenant un ou plusieurs inserts en graphite pyrolytique recuit (appelé « Thermally Annealed Pyrolytic Graphite » en anglais, ou désigné par l'abréviation TPG ou APG) encapsulés dans une enveloppe de protection en aluminium, ces drains thermiques étant destinés à évacuer la chaleur provenant des matériels électroniques par conduction.

De tels drains thermiques composites sont avantageux pour l'utilisation dans les domaines aéroportés. En effet, ils présentent une conductivité thermique très supérieure à celle de drains classiques entièrement réalisés en aluminium tout en conservant une densité acceptable. En particulier, le graphite pyrolytique recuit a une conductivité dans le plan jusqu'à huit fois supérieure à celle de l'aluminium pour une densité inférieure. L'enveloppe de protection entourant les inserts permet de protéger le matériel électronique contre une pollution par des poussières de carbone résultant de la délamination du graphite, apporte une résistance mécanique supérieure au drain thermique et protège les inserts des contraintes d'environnement telles que l'humidité ou les atmosphères corrosives.

On connaît des procédés de fabrication de tels drains thermiques dans lesquels on fabrique séparément un socle et un couvercle en aluminium, le socle étant muni de logements de réception du ou des inserts. On insère ensuite le ou les inserts dans le socle et on met en place le couvercle sur l'ensemble, puis on réalise l'encapsulation par assemblage du couvercle avec le socle par pressage isostatique à chaud ou par brasage sous vide.

Ces procédés ne donnent pas entière satisfaction. En effet, ils nécessitent des moyens industriels lourds requérant des investissements conséquents, ainsi que des outillages spécifiques.

Un but de l'invention est de proposer un procédé de fabrication d'un drain thermique comprenant un ou plusieurs inserts, réalisés notamment en graphite pyrolytique recuit, encapsulé(s) dans une enveloppe de protection qui soit simple à mettre en œuvre et de coût réduit.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication tel que précité, dans lequel l'étape d'encapsulation comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection sur le ou chaque insert.

Selon des caractéristiques particulières du procédé :

- 5 - le ou chaque insert est réalisé dans un matériau différent du matériau dans lequel est réalisée l'enveloppe de protection;
- le ou chaque insert comprend un cœur réalisé en graphite pyrolytique recuit;
- ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection est construite à partir d'un lit de poudre;
- 10 - ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection est construite par fusion sélective au moyen d'un faisceau laser ou d'un faisceau d'électrons;
- ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection est réalisée dans un matériau métallique, en particulier en aluminium;
- l'étape d'encapsulation comprend, préalablement à la fabrication couche par
- 15 couche de ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection, la mise en place d'un cadre de réception autour du ou de chaque insert, ledit cadre de réception formant, avec le ou chaque insert, un ensemble constituant une couche du drain thermique à fabriquer, et l'étape de fabrication comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection sur une face dudit ensemble;
- 20 - le cadre de réception est réalisé dans le même matériau que la partie de l'enveloppe de protection fabriquée couche par couche;
- l'enveloppe de protection comprend une première partie, située du côté d'une première face de l'ensemble et une deuxième partie, située du côté d'une deuxième face de l'ensemble, opposée à la première face, et l'étape de fabrication comprend la
- 25 fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection parmi la première partie et la deuxième partie sur la face correspondante de l'ensemble;
- le procédé comprend la fabrication couche par couche de la première partie de l'enveloppe de protection sur la première face de l'ensemble et la fabrication couche par
- 30 couche de la deuxième partie de l'enveloppe de protection sur la deuxième face de l'ensemble;
- la première partie de l'enveloppe de protection et le cadre de réception sont fournis d'une pièce préalablement à l'étape de mise en place du ou des inserts dans le
- 35 cadre de réception, ladite première partie de l'enveloppe de protection recouvrant alors une première face du ou de chaque insert en laissant dégagée une deuxième face du ou de chaque insert, opposée à la première face, et l'étape de fabrication comprend la

fabrication couche par couche de la deuxième partie de l'enveloppe de protection sur la deuxième face du ou de chaque insert;

- la première partie de l'enveloppe de protection et le cadre de réception sont réalisés d'une pièce en étant venus de matière, en particulier par un procédé de fabrication couche par couche;

- le procédé comprend en outre une étape d'usinage de l'enveloppe de protection;

- l'insert est constitué d'un cœur recouvert d'une couche de revêtement, et le procédé de fabrication comprend en outre une étape de formation d'une couche de revêtement sur le cœur du ou de chaque insert préalablement à l'étape d'encapsulation, ladite couche de revêtement étant destinée à faciliter le dépôt et l'accroche de la partie de l'enveloppe fabriquée couche par couche.

L'invention concerne également un drain thermique obtenu par le procédé tel que précité.

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

- la figure 1 est une représentation schématique en coupe d'un drain thermique ;

- les figures 2 à 6 sont des représentations schématiques de différentes étapes du procédé de fabrication du drain thermique de la figure 1 ;

- la figure 7 est une vue analogue à la figure 2 selon une variante du procédé de fabrication ; et

- la figure 8 illustre la disposition dans l'installation de fabrication à l'issue de l'étape de préparation selon la variante du procédé de fabrication.

L'invention concerne un procédé de fabrication d'un drain thermique 1. Un tel drain thermique 1 est destiné à être mis en contact, d'une part, avec une source de chaleur, et d'autre part, avec un puits de chaleur, le drain thermique 1 étant propre à conduire la chaleur depuis la source de chaleur vers le puits de chaleur.

La source de chaleur est constituée par un objet à refroidir. Il s'agit en particulier d'un ou plusieurs composant(s) électronique(s), par exemple d'une carte électronique ou d'un boîtier électronique. Le puits de chaleur comprend toute source froide adaptée.

Tel qu'illustré sur la figure 1, le drain thermique 1 comprend au moins un insert 3 réalisé en graphite pyrolytique recuit, encapsulé dans une enveloppe de protection 5.

L'insert 3 présente au moins une face sensiblement plane. Dans l'exemple représenté, il présente une face supérieure 7 et une face inférieure 9 sensiblement planes et parallèles entre elles.

Dans la suite, on désigne par direction verticale la direction perpendiculaire au plan des faces de l'insert 3.

Les dimensions de l'insert 3 sont choisies par l'homme du métier en fonction de l'application souhaitée, et notamment en fonction de la nature et de la géométrie des objets à refroidir et de son environnement d'utilisation.

Le drain thermique 1 peut comprendre un seul insert 3 ou plusieurs inserts 3 distincts encapsulés dans une même enveloppe de protection 5.

Grâce au matériau dans lequel il est réalisé, l'insert 3 présente une très bonne conductivité thermique pour une densité raisonnable. En effet, le graphite pyrolytique recuit présente une conductivité thermique environ huit fois supérieure à celle de l'aluminium pour une densité inférieure à celle de l'aluminium.

L'enveloppe de protection 5 entoure entièrement l'insert 3. Elle protège l'insert 3 des contraintes environnementales et empêche la dispersion dans l'environnement de poussières de carbone susceptibles de se détacher de l'insert 3, et provenant notamment de la délamination de l'insert 3. En effet, le graphite pyrolytique recuit est un matériau fragile qui se délamine facilement.

L'enveloppe de protection 5 est réalisée dans un ou plusieurs matériaux présentant une bonne conductivité thermique, tout en étant compatibles avec l'environnement d'utilisation du drain thermique 1. Avantageusement, elle est réalisée dans un ou plusieurs matériaux présentant une densité relativement faible.

A titre d'exemple, l'enveloppe de protection 5 est réalisée en matériau métallique, et avantageusement en aluminium. Selon une variante, l'enveloppe de protection 5 est réalisée en titane.

Les différents matériaux envisagés pour l'enveloppe de protection 5 seront décrits plus en détail dans la suite en regard du procédé de fabrication.

L'homme du métier est en mesure, au moyen de ses connaissances générales, d'adapter l'épaisseur de l'enveloppe de protection 5 en fonction de la conductivité thermique et de la densité du matériau choisi pour l'enveloppe de protection 5 afin d'obtenir le meilleur compromis possible entre le poids et la conductivité thermique dans le drain thermique 1.

Telle que représentée sur la figure 1, l'enveloppe de protection 5 délimite au moins un logement de réception 11 d'un objet à refroidir, et par exemple plusieurs logements de réception d'objets à refroidir.

Un procédé de fabrication d'un drain thermique 1 tel que représenté sur la figure 1 va maintenant être décrit en référence aux figures 2 à 6.

Ce procédé de fabrication comprend :

5

- la fourniture d'au moins un insert 3 réalisé en graphite pyrolytique recuit tel que décrit précédemment ; et

- l'encapsulation de cet insert 3 dans une enveloppe de protection 5 telle que décrite précédemment.

5 Le ou chaque insert 3 fourni lors de l'étape de fourniture de l'insert 3 a été préalablement mis en forme aux dimensions souhaitées, par exemple par usinage ou par découpage à partir d'un bloc de départ.

L'étape d'encapsulation de l'insert 3 comprend la fabrication d'au moins une partie de l'enveloppe de protection 5 couche par couche sur le ou chaque insert 3.

10 Plus particulièrement, dans cet exemple, ladite partie de l'enveloppe de protection 5 est formée couche par couche directement sur le ou chaque insert 3 par fusion sélective à partir d'un lit de poudre de fabrication 13 dans une installation de fabrication 15 adaptée.

15 La poudre de fabrication est réalisée dans le matériau constitutif de la partie de l'enveloppe de protection 5 à fabriquer couche par couche. Il s'agit en particulier de poudre d'aluminium.

Un exemple d'installation de fabrication 15 est représenté sur la figure 3.

Cette installation 15 comprend, de manière classique :

- une enceinte de fabrication 18 comprenant une paroi de fond 20 ;
- 20 - des moyens d'amenée 22, configurés pour amener une quantité prédéterminée de poudre de fabrication sur la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 ;
- des moyens d'égalisation 25, configurés pour égaliser la poudre de fabrication sur la paroi de fond 20 de sorte à former sur celle-ci un lit de poudre d'épaisseur prédéterminée ;
- 25 - une plateforme de fabrication 28, destinée à recevoir la pièce en cours de fabrication ;
- des moyens de fusion sélective 32 de la poudre de fabrication ; et
- une unité de commande 36, configurée pour commander les moyens d'amenée 22, les moyens d'égalisation 25, la plateforme de fabrication 28 et les moyens de fusion sélective 32.
- 30

35 Comme illustré sur la figure 3, les moyens d'amenée 22 comprennent avantageusement une plateforme d'amenée 38, déplaçable en translation selon une direction verticale par rapport à la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 en regard d'un orifice d'amenée 40 formé dans la paroi de fond 20 de l'enceinte 18. L'orifice d'amenée 40 présente des dimensions identiques à celles de la plateforme d'amenée 38 de telle sorte

que la plateforme d'amenée 38 obture l'orifice d'amenée 40 lorsqu'elle est disposée dans l'orifice d'amenée 40.

La plateforme d'amenée 38 est destinée à recevoir la poudre de fabrication qui sera utilisée pour fabriquer la pièce. Le déplacement en translation vers le haut de la plateforme d'amenée 38 d'un pas prédéterminé amène une quantité prédéterminée de

La plateforme d'amenée 38 est montée déplaçable en translation dans un premier conduit de déplacement 42. Ce premier conduit de déplacement 42 forme, avec la plateforme d'amenée 38, un réservoir 44 de poudre de fabrication de volume variable en fonction de la position de la plateforme d'amenée 38 dans le premier conduit de déplacement 42. Le premier conduit de déplacement 42 débouche supérieurement au niveau de l'orifice d'amenée 40 dans la paroi de fond 20 de l'enceinte 18.

Les moyens d'égalisation 25 sont configurés pour prélever la poudre de fabrication de la plateforme d'amenée 38 et pour répartir la poudre prélevée sur la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 de sorte à former un lit de poudre 13 d'épaisseur prédéterminée. Cette épaisseur prédéterminée est fonction de l'épaisseur souhaitée de la couche en cours de fabrication de la pièce. Les moyens d'égalisation 25 comprennent par exemple un rouleau d'égalisation ou une racle d'égalisation.

La plateforme de fabrication 28 est déplaçable en translation selon la direction verticale par rapport à la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 en regard d'un orifice de fabrication 48 formé dans la paroi de fond 20 de l'enceinte 18. L'orifice de fabrication 48 présente des dimensions identiques à celles de la plateforme de fabrication 28 de telle sorte que la plateforme de fabrication 28 obture l'orifice de fabrication 48 lorsqu'elle est disposée dans cet orifice 48.

Dans l'exemple représenté sur les figures, la plateforme de fabrication 28 est montée déplaçable en translation dans un deuxième conduit de déplacement 50. Ce deuxième conduit de déplacement 50 forme, avec la plateforme de fabrication 28, un réservoir 52 destiné à contenir la partie de la pièce déjà fabriquée, ainsi que la poudre de fabrication à évacuer. La poudre de fabrication à évacuer correspond à la poudre présente sur la plateforme de fabrication 28 qui n'a pas été transformée lors de la fabrication de la pièce. Le volume de ce réservoir 52 varie en fonction de la position de la plateforme de fabrication 28 dans le deuxième conduit de déplacement 50. Le deuxième conduit de déplacement 50 débouche supérieurement au niveau de l'orifice de fabrication 48 dans la paroi de fond 20 de l'enceinte 18.

Les moyens de fusion sélective 32 comprennent un outil adapté pour fusionner la poudre de fabrication. Cet outil est configuré pour balayer la plateforme de fabrication 28

selon un trajet prédéterminé de sorte à fusionner la poudre présente sur la plateforme de fabrication 28 dans certaines zones seulement en fonction de la forme de la pièce à fabriquer. A cet effet, l'outil est monté déplaçable en translation selon au moins deux directions perpendiculaires dans un plan parallèle à la paroi de fond 18 de l'enceinte 20.

5 Avantageusement, la fusion est réalisée au moyen d'un faisceau laser. L'outil est dans ce cas un laser, et on parle dans ce cas de fusion laser sélective ou de frittage laser direct. La nature de ce laser, ainsi que ses paramètres de fonctionnement, tels que l'énergie, l'angle d'incidence ou le diamètre du faisceau, la vitesse de balayage, etc., sont déterminés notamment en fonction de la nature de la poudre de fabrication, de l'épaisseur de la couche de poudre à fusionner et éventuellement de la forme de la pièce à fabriquer. En particulier, les paramètres de fonctionnement adaptés sont pré-enregistrés dans une mémoire de l'outil en fonction notamment de la nature de la poudre de fabrication, de l'épaisseur de la couche de poudre à fusionner et éventuellement de la forme de la pièce à fabriquer.

15 L'unité de commande 36 comprend des moyens de stockage 54, destinés à contenir un modèle en trois dimensions de la pièce à fabriquer décomposée en couches d'épaisseur prédéterminée, ainsi que des moyens de commande 56. Les moyens de commande 56 sont reliés en entrée aux moyens de stockage 54 et en sortie aux moyens d'amenée 22, aux moyens d'égalisation 25, à la plateforme de fabrication 28 et aux moyens de fusion sélective 32. Ils sont configurés pour commander le déplacement de la plateforme d'amenée 38, des moyens d'égalisation 25, de la plateforme de fabrication 28 et des moyens de fusion sélective 32 en fonction du modèle de la pièce stocké dans les moyens de stockage 54.

25 Dans l'exemple représenté, l'installation 15 comprend en outre des moyens 60 de fourniture et de circulation d'un gaz inerte, par exemple de l'argon, dans l'enceinte de fabrication 18. Le gaz inerte est destiné à empêcher l'oxydation de la pièce en cours de fabrication. De tels moyens 60 sont utilisés notamment lorsque la pièce est réalisée au moins partiellement dans un matériau susceptible de s'oxyder à l'air. Lorsque l'installation 15 comprend de tels moyens 60, l'unité de commande 36 est également configurée pour commander ces moyens 60 de fourniture et de circulation de gaz.

30 Une telle installation 15 de fusion sélective est conventionnelle. Un exemple d'une telle installation 15 est décrit dans le brevet US 6 215 093.

L'étape d'encapsulation comprend, préalablement à la fabrication de l'enveloppe de protection 5, une étape de préparation, représentée à la figure 2, comprenant :

35 - la fourniture d'un cadre de réception 64 du ou des inserts 3 ;

8

- la mise en place du ou des inserts 3 et du cadre de réception 64 dans l'installation de fabrication 15, et plus particulièrement sur la plateforme de fabrication 28, le ou chaque insert 3 étant inséré dans le cadre de réception 64 ;

5 - le déplacement de la plateforme de fabrication 28 de telle sorte que l'une des faces 7, 9 du ou des inserts 3 se trouve dans le plan de la paroi de fond 20 de l'enceinte 18.

La configuration obtenue à l'issue de l'étape de préparation est illustrée schématiquement sur la figure 3.

10 Le cadre de réception 64 entoure le ou chaque insert 3 latéralement de sorte à former avec le ou chaque insert 3 une couche du drain thermique 1. Cette couche du drain thermique 1 est délimitée supérieurement et inférieurement respectivement par les faces supérieure 7 et inférieure 9 du ou de chaque insert 3. Elle est délimitée latéralement par les bords du cadre de réception 64. Plus particulièrement, le cadre de réception 64 délimite un ou plusieurs logements de réception 65 du ou de chaque insert 3. La forme de
15 chaque logement de réception 65 est complémentaire de la forme de l'insert 3 qu'il reçoit. Le cadre de réception 64 comprend une surface supérieure 66 s'étendant dans le plan de la face supérieure 7 de l'insert 3 et une surface inférieure 68 s'étendant, dans l'exemple représenté, dans le plan de la surface inférieure 9 de l'insert 3.

20 Le cadre de réception 64 fourni lors de cette étape de préparation a été préalablement fabriqué par un procédé adapté, par exemple par moulage ou par usinage. Selon un mode de réalisation, le cadre de réception 64 a été fabriqué couche par couche par un procédé de fabrication additive, par exemple par fusion laser sélective ou par tout autre procédé de fabrication additive adapté.

25 L'étape de mise en place comprend par exemple l'insertion du ou des inserts 3 dans les logements correspondants 65 du cadre de réception 64, suivie du positionnement de cet ensemble dans l'installation 15.

Selon une variante, le cadre de réception 64 est disposé seul sur la plateforme de fabrication 28, puis le ou les inserts 3 sont insérés dans les logements correspondants 65 du cadre de réception 64.

30 L'étape de mise en place comprend en outre la fixation du ou des inserts 3 et du cadre de réception 64 sur la plateforme de fabrication 28, par exemple par adhérence entre ces éléments et la plateforme de fabrication 28. Cette fixation a pour fonction de maintenir les inserts 3 et le cadre de réception 64 en place pour l'ensemble des étapes de fabrication suivantes.

35 De préférence, une fois le ou les inserts 3 mis en place sur la plateforme de fabrication 28 dans l'installation de fabrication 15, les surfaces supérieure et/ou inférieure

7, 9 du ou de chaque insert 3 s'étendent sensiblement normalement à la direction d'empilement des couches formées sur ces surfaces 7, 9 lors de l'étape ultérieure de fabrication couche par couche.

5 Le cadre de réception 64 muni des inserts 3 forme un ensemble 70. Cet ensemble 70 présente, dans l'exemple représenté, des surfaces supérieure et inférieure sensiblement planes, s'étendant respectivement dans le plan des faces supérieure 7 et inférieure 9 du ou des inserts 3.

10 A l'issue de l'étape de préparation, les surfaces supérieure et/ou inférieure de l'ensemble 70 disposé dans l'installation de fabrication 15 s'étendent sensiblement normalement à la direction d'empilement des couches formées sur ces surfaces lors de l'étape de fabrication couche par couche.

A l'issue de l'étape de préparation, on fabrique, couche par couche, le reste de l'enveloppe de protection 5.

15 Préalablement à cette étape de fabrication, on a stocké dans les moyens de stockage 54 un modèle de l'enveloppe de protection 5, découpée en un nombre prédéterminé n de couches empilées selon la direction verticale. Les couches présentent une épaisseur e prédéterminée. De préférence, toutes les couches présentent une même épaisseur e prédéterminée. Cette épaisseur e est choisie en fonction de la forme précise du drain thermique 1 à réaliser, ainsi que de l'outil de fusion sélective employé et des caractéristiques de la poudre de fabrication. On notera que ce nombre n n'inclut pas la couche contenant le cadre de réception 64, l'épaisseur de cette couche étant sensiblement égale à l'épaisseur du ou des inserts 3 et cette couche n'étant, par ailleurs, pas obtenue par fabrication couche par couche autour du ou des inserts 3 dans ce mode de réalisation.

25 Selon le premier mode de réalisation, l'étape de fabrication comprend autant de sous-étapes de fabrication que le modèle de l'enveloppe de protection 5 comprend de couches n à réaliser.

30 Plus particulièrement, ce mode de réalisation, l'étape de fabrication comprend la fabrication d'une première partie 71 de l'enveloppe 5, s'étendant d'un premier côté de l'ensemble 70 et la fabrication d'une deuxième partie 72 de l'enveloppe 5, s'étendant d'un deuxième côté de l'ensemble 70, opposé au premier.

35 Plus particulièrement, la première partie 71 de l'enveloppe 5 recouvre une première face du ou des inserts 3, tandis que la deuxième partie 72 recouvre une deuxième face du ou des inserts 3, opposée à la première face. Le cadre de réception 64 s'étend entre la première partie inférieure 71 et la deuxième partie 72.

Dans l'exemple représenté, la première partie 71 recouvre la face inférieure 9 du ou des inserts 3 et forme un socle du drain thermique 1, tandis que la deuxième partie 72 recouvre la face supérieure 7 du ou des inserts 3 et forme un couvercle du drain thermique 1.

5 L'étape de fabrication de la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5 comprend une première sous-étape, au cours de laquelle on fabrique la première couche de la première partie 71 de l'enveloppe 5. Par première couche, on entend la couche directement adjacente à l'insert 3.

10 Cette première sous-étape comprend l'amenée, à l'aide des moyens d'amenée 22, d'une quantité prédéterminée de poudre de fabrication dans l'enceinte de fabrication 18. A cet effet, on commande le déplacement de la plateforme d'amenée 38 en translation vers le haut d'un pas prédéterminé de sorte à amener la quantité prédéterminée de poudre de fabrication dans l'enceinte de fabrication 18.

15 Ensuite, on commande la répartition de la poudre de fabrication sur la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 à l'aide des moyens d'égalisation 25 de sorte à obtenir sur la surface supérieure de l'ensemble 70 une couche de poudre libre présentant une épaisseur e' . L'épaisseur e' est choisie de telle sorte que la fusion de cette couche sur toute son épaisseur au moyen de l'outil de fusion 32 résulte en une couche fusionnée d'épaisseur e .

20 Dans le cadre du procédé de fabrication, les termes « supérieur » et « inférieur » et « bas » et « haut » sont utilisés en référence à l'orientation des pièces considérées pendant la mise en œuvre du procédé de fabrication.

25 On commande alors le déplacement de l'outil de fusion 32 dans son plan de déplacement de sorte à former, au moyen de l'outil de fusion 32, une couche d'enveloppe de forme prédéterminée. En particulier, on déplace l'outil de fusion 32 de telle sorte qu'il fonde la poudre de la couche de poudre libre uniquement dans les zones définies dans le modèle de l'enveloppe 5. A l'issue de cette étape, on a formé, sur l'ensemble 70, la couche d'enveloppe 5 adjacente à cet ensemble 70.

30 On commande alors le déplacement de la plateforme de fabrication 28 par rapport à la paroi de fond 20 de l'enceinte 18 de telle sorte que la surface supérieure de la couche d'enveloppe qui vient d'être formée se trouve dans le plan de la paroi de fond 20 de l'enceinte 18. A cet effet, on commande le déplacement vers le bas de la plateforme de fabrication 28 d'un pas correspondant à l'épaisseur e de la couche d'enveloppe fabriquée à l'étape précédente.

35 A l'issue de la première sous-étape de fabrication, on a fabriqué la première couche d'enveloppe de la première partie 71 de l'enveloppe 5.

On répète alors les étapes de la première sous-étape de fabrication ci-dessus autant de fois que la première partie 71 de l'enveloppe 5 comprend de couches dans le modèle de l'enveloppe de protection 5. A l'issue de chaque sous-étape, on a formé une nouvelle couche de l'enveloppe de protection 5.

5 On notera que la figure 4 illustre l'égalisation de la poudre de fabrication au cours d'une sous-étape intermédiaire de fabrication de la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5.

Une fois la fabrication de la première partie 71 de l'enveloppe 5 achevée, on obtient une pièce intermédiaire 75 comprenant l'ensemble 70, muni, sur sa première face, de la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5. La deuxième face de l'ensemble 10 70, et donc, en particulier, la deuxième face du ou des inserts 3 est découverte.

Le procédé comprend alors :

- le retournement de la pièce intermédiaire 75, schématisé par des flèches sur la figure 5, de telle sorte que la deuxième face de l'ensemble 70 se trouve orientée vers le haut, comme illustré sur la figure 5, ainsi que 15

- la fixation de la pièce intermédiaire 75 sur la plateforme de fabrication 28.

La pièce intermédiaire 75 repose alors sur la plateforme de fabrication 28 par l'intermédiaire de la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5.

La plateforme de fabrication 28 est positionnée verticalement de telle sorte que la deuxième face de l'ensemble 70 s'étende dans le plan de la paroi de fond 20 de l'enceinte 18. 20

On fabrique ensuite successivement toutes les couches de la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 en mettant en œuvre des sous-étapes de fabrication analogues à celles décrites précédemment dans le cadre de la fabrication de la première 25 partie 71 de l'enveloppe de protection 5 aussi souvent que nécessaire. Dans ce cas, la première couche de la deuxième partie 72 est formée directement sur la deuxième face de l'ensemble 70, et donc sur la deuxième face du ou des inserts 3.

On notera que la figure 6 illustre l'égalisation de la poudre de fabrication au cours d'une sous-étape intermédiaire de fabrication de la deuxième partie 72 de l'enveloppe de 30 protection 5.

A l'issue de cette étape de fabrication, on a formé la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5.

Le ou les inserts 3 sont alors entièrement encapsulés.

On retire ensuite la pièce ainsi formée de la plateforme de fabrication 28.

35 En option, le procédé de fabrication comprend ensuite une étape de finition, comprenant par exemple, le nettoyage de la pièce, la mise en œuvre de traitements de

surface ou encore un usinage final de l'enveloppe de protection 5 afin de former le drain thermique 1.

A l'issue de ce procédé, on obtient le drain thermique 1 tel que représenté sur la figure 1.

5 On notera qu'il est possible, par des procédés d'analyse connus de l'homme du métier, de vérifier que la pièce a été fabriquée par un procédé de fabrication additive.

10 Le cadre de réception 64, ainsi que les première et deuxième parties 71, 72 de l'enveloppe de protection 5 sont réalisées dans un matériau présentant une bonne conductivité thermique, tout en étant compatible avec l'environnement d'utilisation du drain thermique. Avantagement, ces éléments sont réalisés dans un matériau présentant une densité relativement faible. Un exemple avantageux d'un tel matériau est l'aluminium. En variantes, ces éléments sont réalisés dans d'autres matériaux métalliques, par exemple en titane.

15 Selon un mode de réalisation, le cadre de réception 64, la première partie 71 et la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 sont réalisés dans un même matériau. Dans ce cas, le même type de poudre de fabrication est utilisé pour la fabrication des parties 71, 72 de l'enveloppe de protection 5, et éventuellement pour la fabrication du cadre de réception 64, lorsque celui-ci est fabriqué par un procédé de fabrication additive.

20 A titre d'exemple, le cadre de réception 64, la première partie 71 et la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 sont réalisés dans un matériau métallique, et avantagement en aluminium. Selon une variante, ils sont réalisés en titane.

Selon une autre variante, les première et deuxième parties 71, 72 sont réalisées dans un même matériau, tandis que le cadre de réception 64 est réalisé dans un matériau différent.

25 Selon une autre variante, la première partie 71 et la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 sont réalisées dans des matériaux différents. Dans ce cas, une poudre différente est utilisée pour la fabrication de ces deux parties 71, 72 de l'enveloppe de protection 5. Dans ce cas, entre les étapes de fabrication de ces deux parties d'enveloppe 71, 72, on remplace, sur la plateforme d'amenée 38, le premier type
30 de poudre, utilisé pour la fabrication de la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5, par un deuxième type de poudre, adapté pour la fabrication de la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5. Dans ce cas, le cadre de réception 64 est réalisé dans le même matériau que l'une ou l'autres des parties 71, 72 ou encore dans un troisième matériau, différent du matériau dans lequel sont réalisées les parties 71, 72 de
35 l'enveloppe de protection 5.

Selon une variante (non représentée), la fusion est réalisée par un faisceau d'électrons. On parle alors de fusion par faisceau d'électrons (ou « electron beam melting » en anglais). Dans ce cas, les moyens de fusion sélective 32 comprennent un dispositif de génération d'un faisceau d'électrons.

5 Le procédé de fabrication selon l'invention est particulièrement avantageux. En effet, il est simple et peu coûteux à mettre en œuvre, et permet la réalisation d'enveloppes de protection 5 de formes variées à moindre coût. De plus, la formation de l'enveloppe de protection 5 par fusion sélective sur les faces du ou des inserts 3 assure un bon contact thermique entre le ou les inserts 3 et l'enveloppe de protection 5.

10 Ce procédé garantit également une bonne cohésion des différents éléments formant le drain thermique 1, et en particulier entre les différentes parties de l'enveloppe de protection 5, tout en évitant la mise en œuvre d'opérations d'assemblage mécanique ou thermique entre elles des différentes parties de l'enveloppe de protection 5. En effet, l'adhésion des parties 71, 72 de l'enveloppe 5 avec le cadre de réception 64 résulte de la
15 fusion de la poudre de fabrication directement sur le cadre de réception 64, sans qu'il soit nécessaire de mettre en œuvre d'étape d'assemblage additionnelle.

Ce procédé fait en outre appel à un outillage comparativement simple pour la fabrication de l'enveloppe de protection 5 et l'encapsulation du ou des inserts 3, à savoir l'installation de fusion sélective, et permet ainsi d'éviter l'utilisation d'outillages industriels
20 lourds qui seraient nécessaires pour obtenir une bonne encapsulation par d'autres procédés, tels que le pressage isostatique à chaud.

Selon une variante du procédé décrit ci-dessus, seule la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 est fabriquée sur le ou les inserts 3 par un procédé de fabrication additive tel que décrit ci-avant.

25 Dans ce mode de réalisation, au cours de l'étape de préparation, et comme illustré sur la figure 7, on fournit, d'une pièce, un sous-ensemble 78 comprenant la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5 et le cadre de réception 64. Avantageusement, la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5 et le cadre de réception 64 sont réalisés d'une pièce en étant venus de matière. Ils sont par exemple fabriqués d'une pièce par
30 fabrication additive. Ce sous-ensemble 78 délimite ainsi des logements 65 de réception du ou des inserts 3 dont les parois latérales sont formées par le cadre de réception 64 et le fond est délimité par la première partie 71 de l'enveloppe de protection 5.

Lors de l'étape de mise en place, on met en place le ou les inserts 3 et ledit sous-ensemble 78 dans l'installation de fabrication 18, le cadre de réception 64 étant orienté
35 vers le haut et le ou les inserts 3 étant insérés dans les logements de réception 65

correspondants du sous-ensemble 78. La pièce intermédiaire 80 ainsi obtenue est analogue à la pièce intermédiaire 75 décrite précédemment en référence à la figure 5.

La première face du ou des inserts 3 est en contact avec le fond des logements de réception 65. La deuxième face du ou des inserts 3 encore découverte est orientée vers le haut et la pièce intermédiaire 80 repose sur la plateforme de fabrication 28 par l'intermédiaire de la première partie 71.

La pièce intermédiaire 80 est fixée sur la plateforme de fabrication 28, par exemple par adhérence, afin d'éviter tout déplacement relatif entre la pièce intermédiaire 80 et la plateforme de fabrication 28 lors des étapes de fabrication ultérieures.

La plateforme de fabrication 28 est positionnée de telle sorte que la deuxième face du ou des inserts 3, encore découverte, se trouve au niveau de la paroi de fond 20 de l'enceinte 18.

A l'issue de cette étape, on se trouve dans une situation analogue à celle de la figure 5. La disposition de la pièce intermédiaire 80 à l'issue de l'étape de préparation est illustrée sur la figure 8.

On fabrique alors la deuxième partie 72 de l'enveloppe de protection 5 couche par couche sur le ou chaque insert 3 en mettant en œuvre les sous-étapes de fabrication décrites précédemment en relation avec le premier mode de réalisation.

A l'issue de cette étape de fabrication, et après une éventuelle étape de finition, on obtient le drain thermique 1.

Grâce à l'utilisation du procédé de fabrication couche par couche, on obtient une très bonne cohésion entre les différents éléments de l'enveloppe de protection 5, sans qu'il soit nécessaire de mettre en œuvre des étapes de solidarisation additionnelle. Par ailleurs, la formation de l'enveloppe de protection 5 couche par couche sur le ou les inserts 3 assure un bon contact thermique entre les inserts et l'enveloppe de protection 5.

Ce procédé présente l'avantage d'être plus rapide à mettre en œuvre que le procédé selon le premier mode de réalisation dans la mesure où une partie seulement de l'enveloppe de protection 5 est fabriquée par dépôt couche par couche. En revanche, dans ce cas, le fait que, sur l'une des faces du ou des inserts 3, l'enveloppe de protection 5 ne soit pas formée par fabrication additive risque de résulter en une adhérence moins bonne entre le ou les inserts 3 et l'enveloppe de protection 5 et donc en une résistance thermique de l'ensemble plus élevée que dans le cas du premier mode de réalisation.

L'invention a été décrite plus particulièrement pour un insert 3 réalisé en graphite pyrolytique recuit. Cependant, en variante, l'insert 3 pourrait être réalisé dans d'autres matériaux adaptés.

15

L'insert 3 est en particulier réalisé dans un matériau différent du matériau dans lequel est réalisée l'enveloppe de protection 5.

Selon un mode de réalisation, l'insert 3 est réalisé entièrement en un seul matériau, par exemple en graphite pyrolytique recuit, et est notamment réalisé d'une
5 seule pièce.

En variante, le ou chaque insert 3 comprend un cœur, réalisé notamment en graphite pyrolytique recuit ou en tout autre matériau adapté, revêtu d'une couche de revêtement. Cette couche de revêtement est destinée à faciliter le dépôt et l'accroche de la première couche de l'enveloppe de protection 5 sur l'insert 3. Elle est réalisée dans un
10 matériau compatible avec le procédé utilisé lors de l'étape d'encapsulation. Il s'agit en particulier d'une couche de métallisation. A titre d'exemple, la couche de revêtement est réalisée dans un matériau métallique, et par exemple en aluminium ou dans un carbure métallique, tel que NiC, TaC ou GaC. En variante, elle est réalisée dans un matériau semi-conducteur tel que le carbure de silicium.

15 La couche de revêtement intermédiaire est fine par rapport à l'épaisseur du cœur de l'insert 3.

REVENDEICATIONS

1.- Procédé de fabrication d'un drain thermique (1) comprenant :

- la fourniture d'au moins un insert (3) ;

5 - l'encapsulation du ou de chaque insert (3) dans une enveloppe de protection (5), caractérisé en ce que l'étape d'encapsulation comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection (5) sur le ou chaque insert (3).

2.- Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel le ou chaque insert (3) est réalisé dans un matériau différent du matériau dans lequel est réalisée l'enveloppe de protection (5).

10 3.- Procédé de fabrication selon la revendication 1 ou 2, dans lequel le ou chaque insert (3) comprend un cœur réalisé en graphite pyrolytique recuit.

4.- Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection (5) est construite à partir d'un lit de poudre.

15 5.- Procédé de fabrication selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection (5) est construite par fusion sélective au moyen d'un faisceau laser ou d'un faisceau d'électrons.

20 6.- Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection (5) est réalisée dans un matériau métallique, en particulier en aluminium.

25 7.- Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel l'étape d'encapsulation comprend, préalablement à la fabrication couche par couche de ladite au moins une partie de l'enveloppe de protection (5), la mise en place d'un cadre de réception (64) autour du ou de chaque insert (3), ledit cadre de réception (64) formant, avec le ou chaque insert (3), un ensemble (70) constituant une couche du drain thermique (1) à fabriquer, et dans lequel l'étape de fabrication comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection sur une face dudit ensemble (70).

30 8.- Procédé de fabrication selon la revendication 7, dans lequel le cadre de réception (64) est réalisé dans le même matériau que la partie de l'enveloppe de protection (5) fabriquée couche par couche.

35 9.- Procédé de fabrication selon la revendication 7 ou 8, dans lequel l'enveloppe de protection (5) comprend une première partie (71), située du côté d'une première face de l'ensemble (70) et une deuxième partie (72), située du côté d'une deuxième face de l'ensemble (70), opposée à la première face, et l'étape de fabrication comprend la fabrication couche par couche d'au moins une partie de l'enveloppe de protection (5)

parmi la première partie (71) et la deuxième partie (72) sur la face correspondante de l'ensemble (70).

5 10.- Procédé de fabrication selon la revendication 9, lequel comprend la fabrication couche par couche de la première partie (71) de l'enveloppe de protection (5) sur la première face de l'ensemble (70) et la fabrication couche par couche de la deuxième partie (72) de l'enveloppe de protection (5) sur la deuxième face de l'ensemble (70).

10 11.- Procédé de fabrication selon la revendication 9, dans lequel la première partie (71) de l'enveloppe de protection (5) et le cadre de réception (64) sont fournis d'une pièce préalablement à l'étape de mise en place du ou des inserts (3) dans le cadre de réception (64), ladite première partie (71) de l'enveloppe de protection (5) recouvrant alors une première face (7) du ou de chaque insert (3) en laissant dégagée une deuxième face (9) du ou de chaque insert (3), opposée à la première face (7), et l'étape de fabrication comprend la fabrication couche par couche de la deuxième partie (72) de l'enveloppe de protection (5) sur la deuxième face (9) du ou de chaque insert (3).

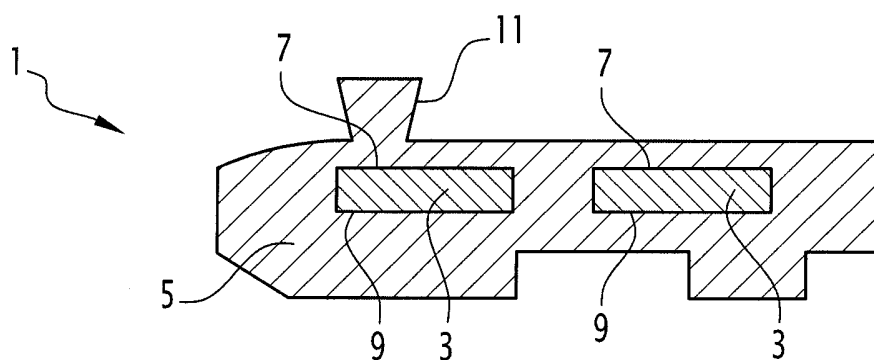
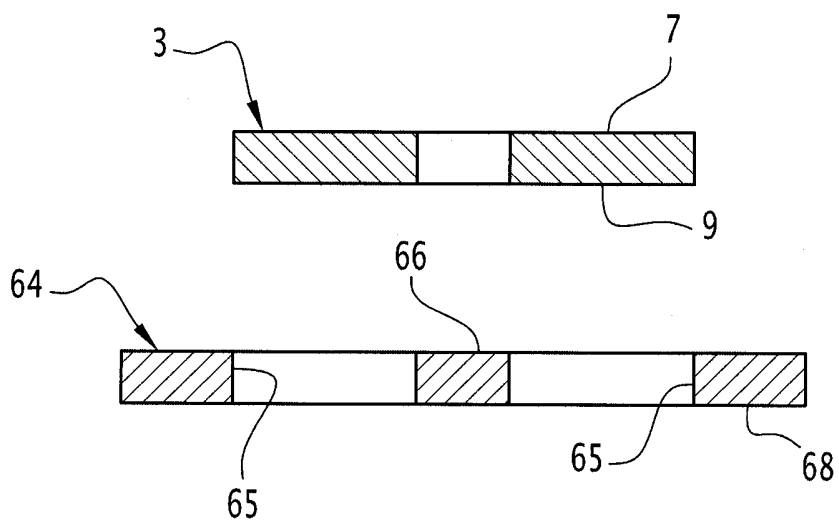
15 12.- Procédé de fabrication selon la revendication 11, dans lequel la première partie (71) de l'enveloppe de protection (5) et le cadre de réception (64) sont réalisés d'une pièce en étant venus de matière, en particulier par un procédé de fabrication couche par couche.

20 13.- Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, lequel comprend en outre une étape d'usinage de l'enveloppe de protection (5).

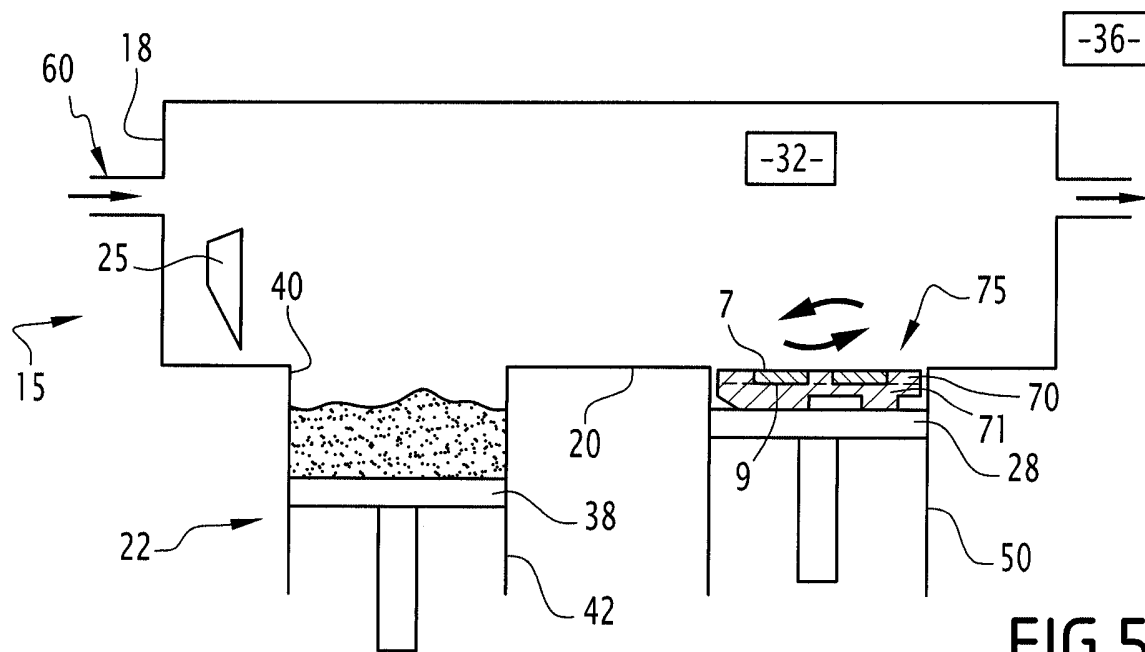
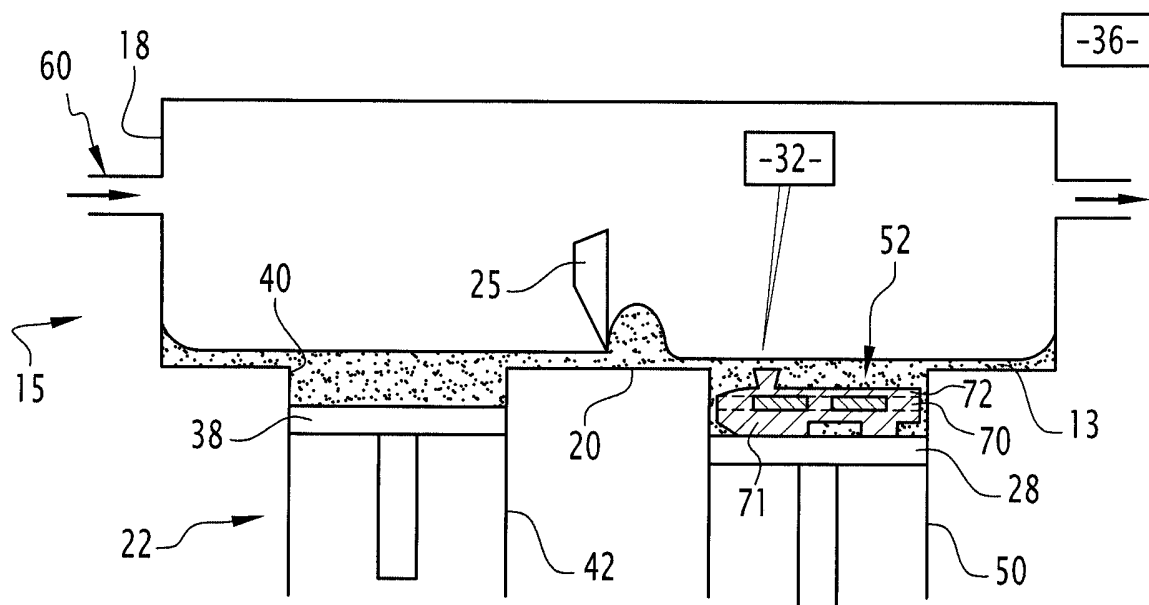
25 14.- Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'insert (3) est constitué d'un cœur recouvert d'une couche de revêtement, le procédé de fabrication comprenant en outre une étape de formation d'une couche de revêtement sur le cœur du ou de chaque insert (3) préalablement à l'étape d'encapsulation, ladite couche de revêtement étant destinée à faciliter le dépôt et l'accroche de la partie de l'enveloppe (5) fabriquée couche par couche.

30 15.- Drain thermique (1) obtenu par le procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications précédentes.

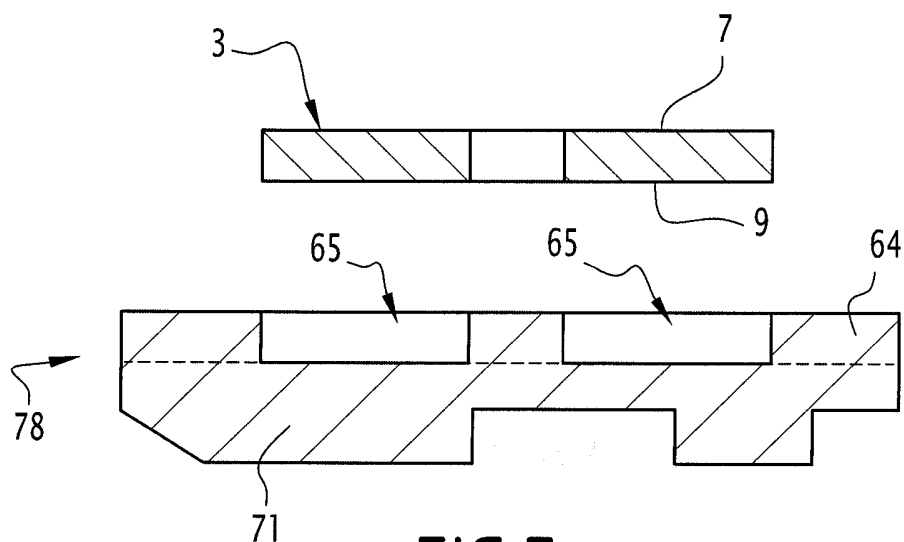
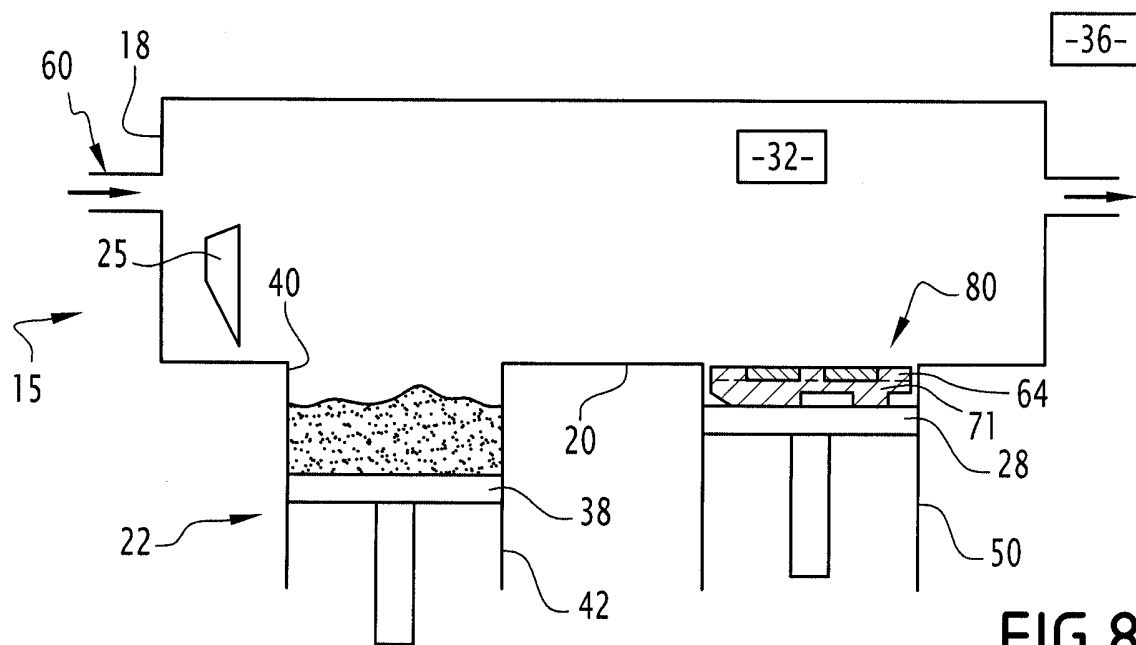
1/4

FIG. 1FIG. 2

3/4

**FIG. 5****FIG. 6**

4/4

**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 819170
FR 1502078

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
X	SCOTT KUGLER: "Aluminum Encapsulated APG High Conductivity Thermal Doubler", 49TH AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC STRUCTURES, STRUCTURAL DYNAMICS, AND MATERIALS CONFERENCE 16TH AIAA/ASME/AHS ADAPTIVE STRUCTURES CONFERENCE 10T, 7 avril 2008 (2008-04-07), XP055292995, Reston, Virigina DOI: 10.2514/6.2008-1861 ISBN: 978-1-60086-993-8	1-6,9, 10,13-15	H01L23/36 H01L21/56
Y	* abrégé * * III A Test article; page 3 * * figure 3 *	7,8,11, 12	
Y	----- US 5 296 310 A (KIBLER JOHN J [US] ET AL) 22 mars 1994 (1994-03-22) * colonne 4, ligne 65 - colonne 5, ligne 11 * * figure 1 *	7,8,11, 12	
A	----- US 2014/151013 A1 (WALLMERO TH KLAUS [DE] ET AL) 5 juin 2014 (2014-06-05) * le document en entier * -----	1-15	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B22F F28F H01L
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 août 2016		Forestier, Gilles	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		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	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1502078 FA 819170**

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 04-08-2016

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 5296310 A	22-03-1994	AT 190460 T	15-03-2000
		CA 2128872 A1	19-08-1993
		DE 69230771 D1	13-04-2000
		DE 69230771 T2	19-10-2000
		EP 0786196 A1	30-07-1997
		JP H07503813 A	20-04-1995
		US 5296310 A	22-03-1994
		WO 9316579 A1	19-08-1993

US 2014151013 A1	05-06-2014	CN 103814441 A	21-05-2014
		DE 102011079471 A1	24-01-2013
		JP 2014527121 A	09-10-2014
		KR 20140070533 A	10-06-2014
		US 2014151013 A1	05-06-2014
		WO 2013010870 A1	24-01-2013
