

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

①1 N° de publication : **3 149 746**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **23 05907**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 05 B 3/48 (2023.01), H 05 B 3/78, 3/52**

①2 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

②2 Date de dépôt : 12.06.23.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 13.12.24 Bulletin 24/50.

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) : **LETHIGUEL SAS — FR.**

⑦2 Inventeur(s) : **LEVACHER Guillaume et JIMENEZ Y SUSPERREGUI Matthias.**

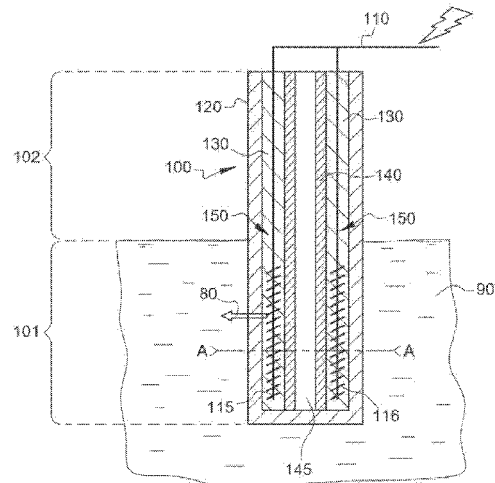
⑦3 Titulaire(s) : **LETHIGUEL SAS.**

⑦4 Mandataire(s) : **IXAS CONSEIL.**

⑤4 **THERMOPLONGEUR COMPARTIMENTÉ COMPORTANT DE LA POUDRE CÉRAMIQUE ÉLECTRIQUEMENT ISOLANTE.**

⑤7 Un thermoplongeur (100) configuré pour être mis en contact avec une matière à chauffer (90), notamment un métal non ferreux en fusion, qui comporte :- une gaine (120) délimitant un premier compartiment (150) au moins en partie rempli de poudre électriquement isolante (130), ladite gaine étant configurée pour être mise en contact avec la matière à chauffer, - une paroi (140) disposée à l'intérieur du premier compartiment (150) et délimitant au moins un deuxième compartiment (145), ce dernier pouvant rester vide de matière solide ou pouvant être rempli au moins en partie d'un matériau inerte, - une pluralité d'éléments chauffants (115, 116) disposés dans ladite poudre céramique électriquement isolante (130), entre ladite gaine (120) et ladite paroi (140).

Figure pour l'abrégé: [Fig 1]



FR 3 149 746 - A1



Description

Titre de l'invention : THERMOPLONGEUR COMPARTIMENTÉ COMPORTANT DE LA POUDRE CÉRAMIQUE ÉLEC- TRIQUEMENT ISOLANTE

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

- [0001] La présente invention relève du domaine des équipements de fonderie et concerne surtout la fonderie des métaux non ferreux présentant un point de fusion relativement bas, typiquement au-dessous de 1100 °C.
- [0002] L'invention vise un thermoplongeur électrique pour maintenir à l'état liquide un bain de métal préalablement fondu ou pour fondre un lot de métal solide, notamment des alliages ou métaux non alliés d'aluminium, de magnésium ou de zinc.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE

- [0003] Dans le contexte des équipements de fonderie, on appelle thermoplongeur électrique un dispositif électrique qui comporte une zone chauffante destinée à être mise au contact d'un bain de métal liquide à chauffer, et une zone non chauffante permettant de faire le lien entre la zone chauffante et un boîtier d'alimentation électrique.
- [0004] Dans un atelier de fonderie, l'utilisation la plus courante d'un thermoplongeur vise à maintenir en température un métal en fusion, préalablement fondu au moyen d'un four à gaz par exemple. À titre d'exemple, ce maintien en température peut se faire dans une poche de traitement de métal liquide, lors du dégazage ou de la filtration du métal liquide. Selon une application plus récente, conçue par la société requérante, un thermoplongeur peut être utilisé pour fondre du métal à l'état solide et éventuellement pour maintenir en température le métal en fusion ainsi obtenu.
- [0005] Des thermoplongeurs destinés à chauffer un bain de métal liquide sont connus depuis des décennies, par exemple de GB 1 027 163, FR 2 720 888, ils comprennent en règle générale un ou plusieurs éléments chauffants placés dans une gaine cylindrique qui les séparent du bain qu'il doivent chauffer. Comme enseigné par FR 2 699 038 la gaine peut être réalisée en matériau céramique inerte, par exemple en nitrure de silicium, nitrure de bore, SiAlON, carbure de silicium. L'élément chauffant peut être réalisé sous la forme d'une céramique chauffante, en SiC par exemple, comme cela est connu de WO 2005/060314, ou en graphite, comme décrit dans FR 2 559 886 et FR 2 622 382.
- [0006] On connaît également des thermoplongeurs pour chauffer un bain de métal liquide dont la gaine tubulaire comprend une pluralité d'éléments chauffants métalliques qui sont noyés dans une poudre de magnésie électrofondue, qui est un isolant électrique et présente une conductivité thermique convenable. Les thermoplongeurs qui sont ac-

tuellement sur le marché utilisent ce principe.

[0007] Dans un contexte d'électrification des méthodes industrielles et plus particulièrement des méthodes de fonderie, notamment en vue de limiter l'usage de moyens de chauffage plus traditionnels reposant sur l'usage d'énergie fossiles, il existe un besoin de dispositifs électriques fournissant une puissance électrique, et donc une capacité de chauffage, plus importante que celle offerte par les dispositifs actuels.

[0008] Afin de répondre à ce besoin, plusieurs thermoplongeurs actuellement disponibles peuvent être utilisés de concert dans un même bain. En fonction de la capacité de chauffage nécessaire à apporter à un four, autant de thermoplongeurs que nécessaires sont mobilisés. La durée de vie des gaines dans un bain de métal liquide étant limitée, ces thermoplongeurs doivent être remplacés régulièrement. L'augmentation de leur nombre engendre une augmentation à la fois du coût d'investissement et du coût de maintenance. L'alternative à la multiplication des thermoplongeurs serait de prévoir des thermoplongeurs de capacité et de taille plus importantes. Cependant, l'augmentation de la taille des thermoplongeurs se heurte à certaines difficultés d'ordre technique et économique.

OBJETS DE L'INVENTION

[0009] La société requérante a constaté qu'il n'était pas possible de produire à un prix raisonnable un thermoplongeur de forte puissance. En effet, cette augmentation de puissance est coûteuse en raison des matériaux employés dans la structure d'un thermoplongeur. Comme indiqué ci-dessus, un thermoplongeur comporte usuellement une gaine tubulaire inerte qui entoure un cœur comportant de la poudre céramique électriquement isolante, par exemple de la magnésie électrofondue, dans laquelle sont noyés les éléments chauffants du thermoplongeur ainsi que les conduites d'alimentation électriques nécessaires au fonctionnement de ces éléments chauffants. La poudre céramique électriquement isolante présente un coût de production très important. Par conséquent, l'augmentation du volume du thermoplongeur en vue de positionner dans ledit thermoplongeur davantage d'éléments chauffants ou des éléments chauffant de plus grandes taille et puissance induit un coût, associé à la poudre céramique électriquement isolante nécessaire, qui est trop important. On cherche donc une voie alternative pour diminuer le coût des thermoplongeurs, sans pour autant diminuer leur qualité et longévité.

[0010] Ainsi, la présente invention vise à remédier aux limitations décrites ci-avant et notamment à fournir un thermoplongeur offrant une capacité de chauffage augmentée, tout en limitant le coût associé à cette augmentation de puissance.

[0011] À cet effet, selon un premier objet, l'invention vise un thermoplongeur configuré pour être mis en contact avec une matière à chauffer, notamment un métal non ferreux en fusion, qui comporte :

- une gaine délimitant un premier compartiment au moins en partie rempli de poudre céramique électriquement isolante, ladite gaine étant configurée pour être mise en contact avec la matière à chauffer,
- une paroi disposée à l'intérieur dudit premier compartiment et délimitant au moins un deuxième compartiment, ce dernier pouvant rester vide de matière solide ou pouvant être au moins en partie rempli d'un matériau inerte,
- une pluralité d'éléments chauffants disposés dans la poudre céramique électriquement isolante, entre ladite gaine et ladite paroi.

- [0012] Grâce à ces dispositions, une partie du premier compartiment, délimité par la gaine, et qui, dans les thermoplongeurs connus de l'art antérieur, est habituellement rempli de poudre céramique électriquement isolante comporte à la place un matériau inerte ou un gaz dont le coût est bien moindre que le coût de la poudre céramique électriquement isolante.
- [0013] Dans des modes de réalisation, le matériau inerte remplissant au moins en partie le deuxième compartiment délimité par la paroi comporte des fibres à haute tenue en température, par exemple des fibres poly-cristallines de mullite ou des fibres silico-alumineuses.
- [0014] Dans des modes de réalisation, le deuxième compartiment délimité par la paroi reste vide de matière solide. Avantageusement, le deuxième compartiment délimité par la paroi est rempli au moins en partie d'un gaz inerte qui peut être de l'argon ou un autre gaz noble.
- [0015] Dans des modes de réalisation, la poudre céramique électriquement isolante est choisie parmi une poudre d'oxyde de zinc, une poudre d'alumine, une poudre d'oxyde de magnésium (magnésie) ou une poudre de nitrure de bore. Elle présente avantageusement une bonne conductivité thermique.
- [0016] Dans des modes de réalisation, la paroi disposée à l'intérieur de la gaine et délimitant un compartiment rempli au moins en partie d'un matériau isolant est formée au moins en partie d'un matériau céramique.
- [0017] Grâce à ces dispositions, la paroi peut être formée d'un matériau de coût comparativement faible par rapport au coût de la poudre céramique électriquement isolante, tout en présentant des caractéristiques de résistance mécanique et de résistance thermique suffisante.
- [0018] Dans des modes de réalisation, la paroi est formée d'un alliage haute performance, préférentiellement un alliage à base de nickel présentant une faible dilatation à 1100°C. Par exemple, la paroi est formée d'un alliage choisi parmi les alliages Inconel ou les alliages monocristallins CMSX.
- [0019] On désigne par alliage à haute performance ou superalliage un alliage métallique présentant une excellente résistance mécanique et une bonne résistance au fluage à

haute température, une bonne stabilité surfacique ainsi qu'une bonne résistance à la corrosion et à l'oxydation.

- [0020] Dans des modes de réalisation, la gaine présente une section circulaire. Avantageusement, la gaine présente un diamètre extérieur supérieur ou égal à 50 millimètres, de préférence supérieur à 75 mm, plus préférentiellement supérieur à 95 mm, et encore plus préférentiellement supérieur à 115 mm.
- [0021] Grâce à ces dispositions, le thermoplongeur présente des dimensions suffisantes pour comporter d'avantage d'éléments chauffants ou des éléments chauffant de plus grande taille.
- [0022] Dans des modes de réalisation, la paroi est un tube de section circulaire. Avantageusement, le centre de la gaine de section circulaire et le centre de la paroi de section circulaire sont sensiblement identiques, de sorte que le premier compartiment, formé entre la gaine et la paroi, et destiné à être rempli au moins en partie de poudre céramique électriquement isolante, présente une section annulaire.
- [0023] Grâce à ces dispositions, les éléments chauffants peuvent être disposés dans ledit premier compartiment de section annulaire. Les éléments chauffants ainsi positionnés se trouvent proches de la gaine, permettant ainsi une meilleure diffusion de la chaleur vers la gaine et indirectement vers la matière à chauffer.
- [0024] Dans des modes de réalisation, les éléments chauffants sont arrangés en spires sensiblement droites disposées sensiblement parallèles à un axe parcourant le centre de la gaine et dans lequel le thermoplongeur comporte au moins 15 spires, préférentiellement au moins 20 spires, préférentiellement au moins 20 spires, préférentiellement au moins 25 spires, préférentiellement au moins 30 spires. Par exemple, le thermoplongeur comporte 36 spires.
- [0025] On appelle spire une pluralité de résistances chauffantes alimentées par les mêmes amenées de courant et formant un ensemble sensiblement linéaire disposée longitudinalement dans le thermoplongeur, préférentiellement à proximité de la gaine.
- [0026] Comme détaillé précédemment, le thermoplongeur objet de l'invention se distingue tout particulièrement des thermoplongeurs connus en ce que le diamètre du premier compartiment délimité par la gaine peut être augmenté afin d'accommoder d'avantage d'éléments chauffant ou des éléments chauffants de plus grande taille. Ainsi, avantageusement, le thermoplongeur comporte 16, 24, 32 ou 36 spires.
- [0027] Dans des modes de réalisation, les éléments chauffants sont arrangés en spires sensiblement droites disposées sensiblement parallèles à un axe parcourant le centre de la gaine et dans lequel lesdites spires sont positionnées à proximité du pourtour intérieur de la gaine.
- [0028] Grâce à ces dispositions, les spires ainsi positionnées se trouvent proches de la gaine, permettant ainsi une meilleure diffusion de la chaleur vers la gaine et indirectement

vers la matière à chauffer.

[0029] Dans des modes de réalisation, les éléments chauffants comportent des résistances électriques comportant du molybdène ou un alliage choisi parmi un alliage de fer-chrome-aluminium (FeCrAl), un alliage de nickel et un alliage de chrome.

[0030] Abstraction faite des éléments chauffants et des éléments de connexion électrique vers l'extérieur, le dispositif selon l'invention présente avantageusement une forme cylindrique et une structure coaxiale et symétrique par rapport à l'axe central. On peut envisager également d'autres modes de réalisation dans lesquels le dispositif présente une forme et/ou une structure différente, par exemple une section orthogonale ou une section de diamètre variable.

[0031] Un deuxième objet de l'invention est représenté par un procédé de fabrication d'un thermoplongeur selon l'un quelconque des modes de réalisation de l'invention, dans lequel on approvisionne un gaine, une paroi tubulaire, une pluralité d'éléments chauffants et une poudre électriquement isolante, on place ladite paroi tubulaire à l'intérieur de ladite gaine, on introduit les éléments chauffants dans le premier compartiment entre la gaine et la paroi, puis on remplit ledit premier compartiment de poudre électriquement isolante par étapes, au moins certaines étapes, et de préférence chaque étape, de remplissage étant suivie(s) par au moins une étape de tassement.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0032] D'autres avantages, buts et caractéristiques particulières de l'invention ressortiront de la description non limitative qui suit d'au moins un mode de réalisation particulier du thermoplongeur objet de la présente invention, en regard des dessins annexés, dans lesquels :

[0033] [Fig.1] représente, schématiquement et en vue de coupe axiale, un premier mode de réalisation d'un thermoplongeur selon l'invention,

[0034] [Fig.2]] représente, schématiquement et en vue de coupe transversale, le thermoplongeur objet du premier mode de réalisation,

[0035] Les numéros de référence mentionnés sur les figures se rapportent à :

- 90 un liquide à chauffer
- 80, 81 une flèche représentant un flux de chaleur
- 100 un thermoplongeur
- 110 un moyen d'alimentation en courant électrique
- 115, 116 des résistances chauffantes
- 120 une gaine
- 130 poudre céramique électriquement isolante
- 140 la paroi tubulaire en céramique
- 145 un deuxième compartiment

150 un premier compartiment

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'INVENTION

- [0036] La présente description est donnée à titre non limitatif, chaque caractéristique d'un mode de réalisation pouvant être combinée à toute autre caractéristique de tout autre mode de réalisation de manière avantageuse.
- [0037] On observe, sur les figures 1 et 2 un premier mode de réalisation particulier d'un thermoplongeur 100 selon l'invention. En [Fig.1], une vue en coupe axiale, du thermoplongeur est présentée. En [Fig.2], une vue en coupe transversale dans la partie chauffante du thermoplongeur 100, selon le plan de coupe A-A, visible en [Fig.1], est présentée.
- [0038] Le thermoplongeur 100 est un thermoplongeur électrique comportant une zone chauffante 101, et une zone non chauffante 102 permettant de faire le lien entre la zone chauffante et un support du thermoplongeur 100 raccordée à moyen d'alimentation électrique 110. Le thermoplongeur 100 est destiné à être positionné dans une cuve (non représentée) contenant du métal à chauffer. La zone chauffante 102 du thermoplongeur 100 est destinée à être mise au contact du métal, qu'il s'agisse d'un métal en fusion à maintenir en température en vue de le conserver à l'état liquide ou d'un métal solide à chauffer.
- [0039] La zone chauffante 101 du thermoplongeur 100 comporte une pluralité d'éléments chauffants, 115, 116, portés à haute température par le passage d'un courant électrique ; il s'agit d'un chauffage résistif. Comme cela sera expliqué en plus grand détail ci-dessous, chaque élément chauffant comporte un conducteur électrique, qui est en contact avec un matériau électriquement isolant 130 capable de transmettre sa chaleur à une gaine 120 (gaine externe) formant la couche la plus externe du corps du thermoplongeur 100, qui transmet à son tour la chaleur au métal ou à l'alliage à fondre ou à maintenir à l'état liquide.
- [0040] Le mécanisme de transmission de la chaleur de la gaine du thermoplongeur vers le métal dans la cuve se fait de manière la plus efficace par conduction, lorsque le thermoplongeur est immergé dans du métal liquide ou lorsque sa gaine touche sur une fraction significative de sa surface du métal solide. En dehors de ces zones de contact direct le transfert thermique entre la gaine et le métal contenu dans la cuve est radiatif et/ou convectif. Le transfert de chaleur depuis l'élément chauffant 115 vers la gaine 120 puis vers la matière à chauffer 90 est représenté par la flèche 80, en figures 1 et 2.
- [0041] Le thermoplongeur 100 est par exemple configuré pour maintenir à l'état liquide un métal 90 sous forme liquide comportant un métal non ferreux ou un alliage à base d'un métal non ferreux qui présente une température de fusion suffisamment basse pour être compatible avec l'utilisation d'un thermoplongeur électrique. En particulier, le métal

non ferreux peut être tout métal ou alliage présentant une température de fusion qui ne dépasse pas environ 1100°C. Le métal de base peut par exemple être choisi parmi l'aluminium, le zinc, le magnésium, le cuivre, l'étain, le plomb, le lithium, l'argent.

- [0042] La gaine 120 du thermoplongeur 100 est préférentiellement formée en nitrure de bore ou nitrure de silicium. Ces matériaux réfractaires ont une forte résistance à la chaleur et sont inertes chimiquement, en plus d'offrir une résistance mécanique satisfaisante. La gaine 120 délimite un premier compartiment 150 à l'intérieur duquel sont disposés les éléments chauffants, 115, 116, du thermoplongeur 100.
- [0043] Ledit premier compartiment 150 est au moins en partie rempli de poudre céramique électriquement isolante 130. La poudre céramique électriquement isolante 130 est un matériau sélectionné pour ses caractéristiques d'isolant électrique, permettant un contact direct avec les conducteurs électriques de l'élément chauffant, et pour ses caractéristiques de conducteur de chaleur. De plus, la poudre céramique électriquement isolante 130 doit présenter une excellente tenue à la température, elle ne doit pas se dégrader dans la durée, permettant une durée de vie effective du thermoplongeur allant typiquement d'une à plusieurs dizaines de mois d'utilisation en continu. Elle présente avantageusement une bonne conductivité thermique.
- [0044] Selon un exemple de réalisation, la poudre céramique électriquement isolante 130 est une poudre de magnésie (oxyde de magnésium : MgO) électrofondue. La poudre de magnésie électrofondue est fabriquée par fusion d'oxyde de magnésium à une température dépassant les 3 000°C. Dans d'autres modes de réalisation la poudre céramique électriquement isolante est choisie parmi une poudre d'oxyde de zinc (ZnO), une poudre d'alumine (Al₂O₃) ou une poudre de nitrure de bore.
- [0045] À l'intérieur du premier compartiment 150 délimité par la gaine 120, le thermoplongeur 100 comporte au moins une paroi 140 délimitant un deuxième compartiment 145 fermé, distinct du premier compartiment. Ledit deuxième compartiment a pour fonction de réduire la quantité de poudre céramique électriquement isolante 130 nécessaire à la fabrication du thermoplongeur 100 et ainsi d'en réduire le coût de fabrication. La paroi 140 est typiquement une paroi tubulaire, sa section en coupe axiale est avantageusement circulaire.
- [0046] La paroi 140 est formée d'un matériau présentant des caractéristiques de résistance mécanique et de résistance thermique suffisantes, sans nécessiter une bonne conduction thermique. Préférentiellement, la paroi 140 est formée de céramique, par exemple d'alumine. Selon d'autres exemples de mise en œuvre, la paroi 140 est formée en mullite ou cordièrite.
- [0047] Dans un mode de réalisation préféré, le deuxième compartiment 145 délimité par la paroi 140 reste vide, c'est-à-dire il comporte du gaz qui peut être de l'air. Préférentiellement, l'air est chassé en vue d'être remplacé par un gaz inerte, peu susceptible

d'oxyder la paroi, qui peut être par exemple l'argon ou un autre gaz noble. Dans un autre mode de réalisation, ledit deuxième compartiment 145 est au moins en partie rempli d'un matériau inerte sous forme particulaire, pour exercer une contre-pression. Par exemple, ledit matériau inerte comporte des fibres à haute tenue en température, par exemple des fibres poly-cristallines de mullite ou des fibres silico alumineuses. Selon une autre variante, ledit matériau inerte est une poudre d'alumine.

- [0048] La gaine 120 présente typiquement une section circulaire. Avantagement, le diamètre extérieur de la gaine 120 est d'au moins 55 millimètres (ci-après abrégé « mm »), préférentiellement d'au moins 75 mm. Selon une alternative de réalisation, le diamètre de la gaine 120 est supérieur à 95 mm ou supérieur à 115 mm. L'augmentation du diamètre de la gaine 120 permet de placer un nombre plus important d'éléments chauffants 115,116 à l'intérieur du thermoplongeur 100, ce qui permet d'augmenter sa puissance thermique.
- [0049] De plus, la paroi 140 est un tube de section circulaire également, formant un deuxième compartiment 145 de forme section ronde. Le premier compartiment 150 formé d'une part par la gaine 120 et d'autre part par la paroi 140 présente ainsi une forme annulaire avantageuse pour le placement des éléments chauffants, 115, 116, comme détaillé dans le paragraphe suivant. Préférentiellement, le tube formant la paroi 140 est de diamètre constant sur toute la hauteur du thermoplongeur.
- [0050] De tels tubes en alumine sont des produits courants qui existent sur le marché pour d'autres utilisations ; de ce fait, leur prix est significativement plus faible que celui de la quantité de poudre de magnésie électrofondue (par exemple) économisée par l'insertion d'un tel tube dans le dispositif selon l'invention.
- [0051] Le thermoplongeur 100 représenté sur les figures 1 et 2 comporte seize éléments chauffants dont seuls les éléments chauffants 115 et 116 sont légendés en figures 1 et 2. Dans d'autres modes de réalisation, le thermoplongeur 100 comporte au moins 20 éléments chauffants, préférentiellement au moins 30 éléments chauffants. Préférentiellement et comme illustré en figures 1 et 2, les éléments chauffants sont positionnés à proximité du pourtour intérieur de la gaine 120 afin de permettre un meilleur transfert de chaleur vers ces dernières. En d'autres termes, si l'on considère une section du thermoplongeur 100 tel qu'illustré en [Fig.2], les éléments chauffants, 115, 116, sont disposés en cercle concentrique avec le cercle formé par la gaine 120. On peut adopter toute autre disposition et tout autre nombre d'éléments chauffant sans sortir du cadre de la présente invention.
- [0052] Préférentiellement, les éléments chauffants sont arrangés en spires sensiblement droites disposées sensiblement parallèles à un axe parcourant le centre de la gaine 120 et lesdites spires sont positionnées à proximité du pourtour intérieur de la gaine 120.
- [0053] Préférentiellement, les éléments chauffants 115, 116 comportent des résistances

électriques comportant du molybdène ou un alliage choisi parmi un alliage de fer-chrome-aluminium (FeCrAl), un alliage de nickel et de chrome.

- [0054] Selon un mode de réalisation particulier (non illustré), la paroi 140 tubulaire forme un compartiment de section transversale de forme rectangulaire ou polygonale, par exemple octogonal ou hexagonale.
- [0055] Selon un mode de réalisation particulier (non illustré), le deuxième compartiment 145 formé par la paroi 140 ne présente pas les mêmes dimensions sur toute la hauteur du thermoplongeur 100. Par exemple, le deuxième compartiment 140 au niveau d'une coupe transversale dans la partie non chauffante du thermoplongeur 100 présente une surface moindre que la surface du deuxième compartiment 140 au niveau d'une coupe transversale dans la partie non chauffante du thermoplongeur 100.
- [0056] Selon un mode de réalisation particulier (non illustré), le thermoplongeur comporte un premier compartiment au moins en partie rempli de poudre céramique électriquement isolante et une pluralité de parois disposées à l'intérieur du premier compartiment, chacune desdites paroi délimitant un compartiment pouvant rester vide de matière solide ou pouvant être rempli au moins en partie d'un matériau isolant
- [0057] Nous décrivons ici un procédé de fabrication du thermoplongeur selon l'invention. Les inventeurs se sont aperçus que le bon contact thermique entre les conducteurs électriques et la gaine 120 dépend de la densité du lit de poudre céramique électriquement isolante avec lequel ces conducteurs sont en contact. Selon l'invention, on approvisionne un gaine 120, une paroi tubulaire 140, une pluralité d'éléments chauffants 115,116 et une poudre électriquement isolante 130, on place ladite paroi tubulaire 140 à l'intérieur de ladite gaine 120, on introduit les conducteurs électriques dans le premier compartiment 150 entre la gaine 120 et la paroi 140, puis on remplit ledit premier compartiment 150 de poudre céramique électriquement isolante par étapes, au moins certaines étapes (et de préférence chaque étape) de remplissage étant suivie(s) par au moins une étape de tassement.
- [0058] Dans un premier mode de réalisation, au cours de cette étape de tassement, on presse la poudre à l'aide d'un outil de tassement forme annulaire ou en section d'anneau, capable de s'insérer par le haut dans l'espace annulaire formé par le premier compartiment 150. Ainsi on remplit progressivement ledit premier compartiment d'un lit dense et tassé de poudre céramique électriquement isolante, qui assure un excellent contact thermique avec les éléments chauffants 115,116.
- [0059] Dans une première variante de ce procédé, chaque étape d'introduction de la poudre céramique électriquement isolante, ou au moins une de ces étapes, et de préférence au moins la dernière, est suivie d'une étape de tassement par mise en vibration de la gaine 150 et/ou du tube 140.
- [0060] Dans une autre variante de ce procédé, ledit outil de tassement est réalisé comme un

outil de vibrocompactage.

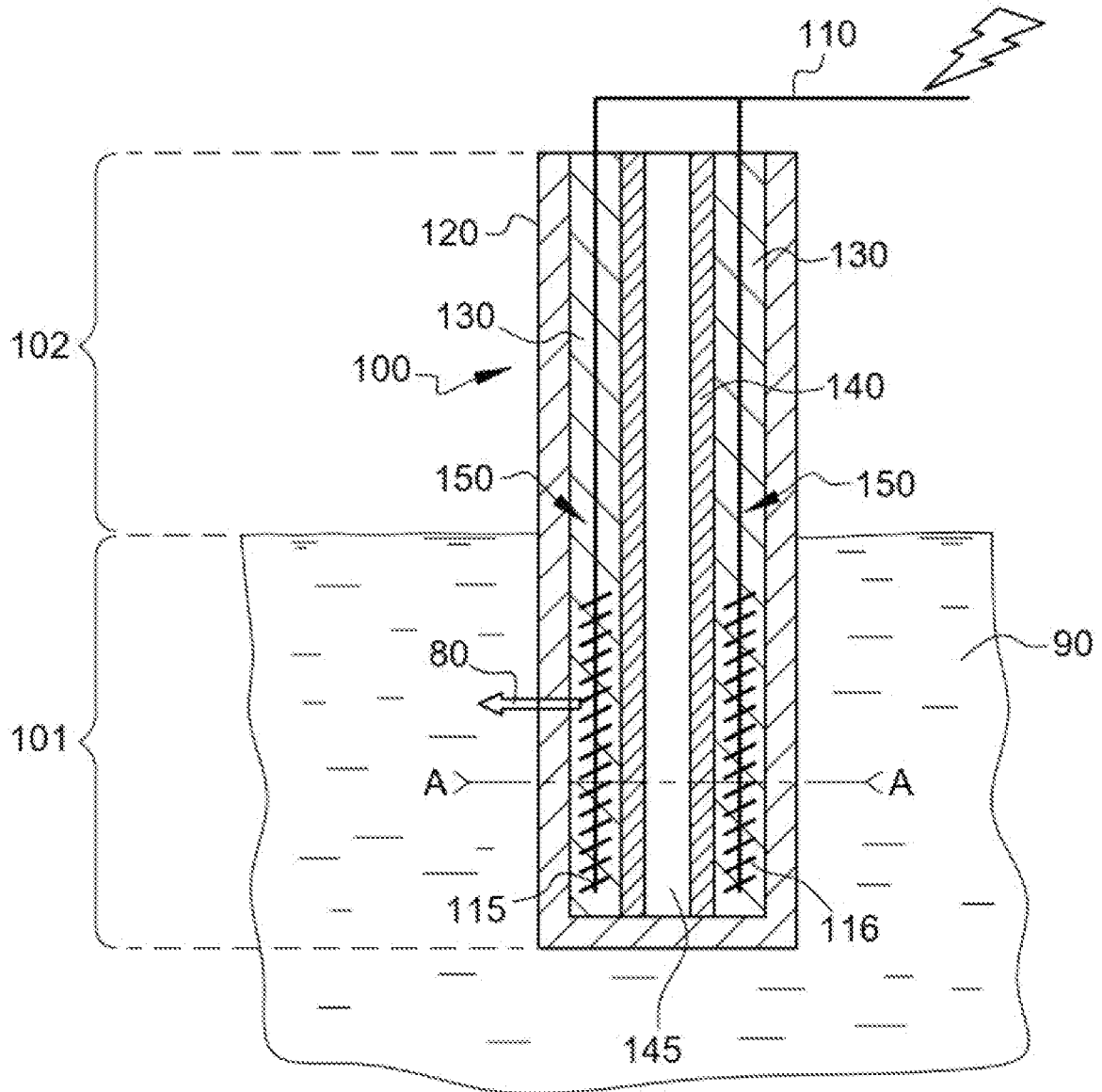
[0061] Ces deux variantes peuvent être combinées.

Revendications

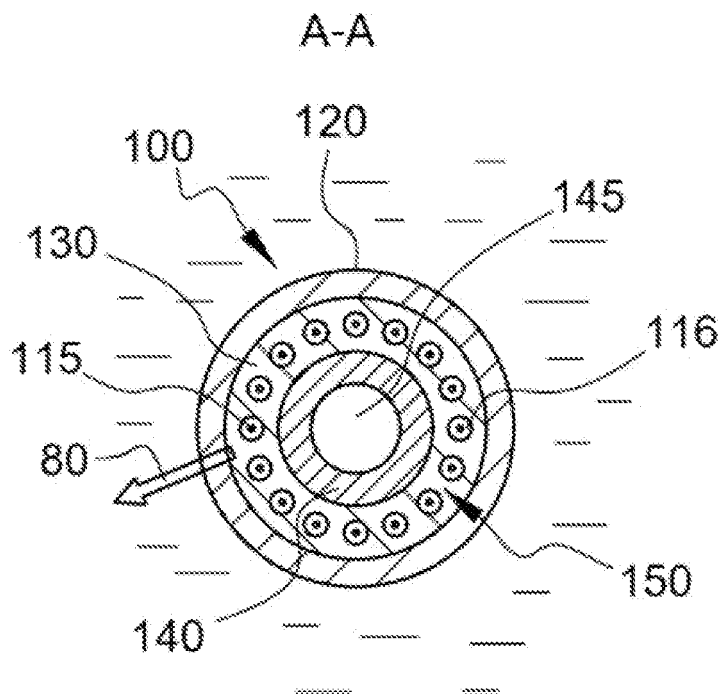
- [Revendication 1] Thermoplongeur (100) configuré pour être mis en contact avec une matière à chauffer (90), notamment un métal non ferreux en fusion, caractérisé en ce qu'il comporte :
- une gaine (120) délimitant un premier compartiment (150) au moins en partie rempli de poudre céramique électriquement isolante (130), ladite gaine étant configurée pour être mise en contact avec la matière à chauffer,
 - une paroi (140) disposée à l'intérieur du premier compartiment (150) et délimitant au moins un deuxième compartiment (145), ce dernier pouvant rester vide de matière solide ou pouvant être rempli au moins en partie d'un matériau inerte,
 - une pluralité d'éléments chauffants (115, 116) disposés dans ladite poudre céramique électriquement isolante (130), entre ladite gaine (120) et ladite paroi (140).
- [Revendication 2] Thermoplongeur (100) selon la revendication 1, dans lequel la paroi (140) disposée à l'intérieur de la gaine (120) et délimitant un deuxième compartiment (145) rempli au moins en partie d'un matériau isolant est formée au moins en partie de matériau céramique.
- [Revendication 3] Thermoplongeur selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel ladite poudre céramique électriquement isolante (130) est choisie parmi une poudre d'oxyde de zinc, une poudre d'alumine, une poudre de magnésie électrofondue, ou une poudre de nitrure de bore.
- [Revendication 4] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ledit matériau inerte remplissant au moins en partie le deuxième compartiment (145) délimité par la paroi (140) comporte des fibres à haute tenue en température, par exemple des fibres poly-cristallines de mullite ou des fibres silico alumineuses.
- [Revendication 5] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel le deuxième compartiment (145) délimité par la paroi (140) reste vide de matière solide et comporte un gaz inerte, de préférence de l'argon ou un autre gaz noble.
- [Revendication 6] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la gaine (120) présente une section circulaire.
- [Revendication 7] Thermoplongeur (100) selon la revendication 6, dans lequel la gaine (120) présente un diamètre extérieur supérieur ou égal à 50 millimètres, de préférence supérieur à 75 mm, plus préférentiellement supérieur à 95

- mm, et encore plus préférentiellement supérieur à 115 mm.
- [Revendication 8] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la paroi (140) est un tube de section circulaire.
- [Revendication 9] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 6 ou 7 et selon la revendication 8, dans lequel le centre de la gaine (120) de section circulaire et le centre de la paroi (140) de section circulaire sont sensiblement identiques, de sorte que le premier compartiment formé entre la gaine (120) et la paroi (140) et destiné à être rempli au moins en partie de poudre céramique électriquement isolante présente une section annulaire.
- [Revendication 10] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel les éléments chauffants sont arrangés en spires sensiblement droites disposées sensiblement parallèles à un axe parcourant le centre de la gaine (120) et dans lequel le thermoplongeur comporte au moins 15 spires, préférentiellement au moins 20 spires, préférentiellement au moins 25 spires, préférentiellement au moins 30 spires.
- [Revendication 11] Thermoplongeur (100) selon l'une des revendications 1 à 10, dans lequel les éléments chauffants sont arrangés en spires sensiblement droites disposées sensiblement parallèles à un axe parcourant le centre de la gaine (120) et dans lequel lesdites spires sont positionnées à proximité du pourtour intérieur de la gaine (120).
- [Revendication 12] Procédé de fabrication d'un thermoplongeur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel on approvisionne une gaine (120), une paroi tubulaire (140), une pluralité d'éléments chauffants (115,116) et une poudre céramique électriquement isolante (130), on place ladite paroi tubulaire (140) à l'intérieur de ladite gaine (120), on introduit les éléments chauffants (115,116) dans le premier compartiment (150) entre la gaine (120) et la paroi (140), puis on remplit ledit premier compartiment (150) de poudre céramique électriquement isolante par étapes, au moins certaines étapes, et de préférence chaque étape, de remplissage étant suivie(s) par au moins une étape de tassement.

[Fig. 1]

Fig. 1

[Fig. 2]

Fig. 2

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 919965
FR 2305907

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	CN 105 960 033 A (BEIJING ZHONGXIN SHIQIANG CERAM BEARING CO LTD) 21 septembre 2016 (2016-09-21) * Machine translation; alinéa [DetailedWays]; figure 1 * -----	1-12	H05B 3/48 H05B 3/52 H05B 3/78
X	US 9 993 870 B2 (PYROTEK HIGH TEMPERATURE IND PRODUCTS INC [CA]) 12 juin 2018 (2018-06-12) * colonne 4, ligne 63 - colonne 7, ligne 57 * * colonne 10, ligne 37 - ligne 53; figures 1-4 * -----	1-12	
X	FR 2 517 918 A1 (BONET ANDRE [FR]) 10 juin 1983 (1983-06-10) * page 19, ligne 4 - page 24, ligne 8; figures 1-10 * -----	1-12	
X	US 3 050 833 A (SCHWING RUSSELL L) 28 août 1962 (1962-08-28) * colonne 2, ligne 71 - colonne 6, ligne 2; figures 1-7 * -----	1-12	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
X	JP H11 8049 A (MITSUI MINING & SMELTING CO) 12 janvier 1999 (1999-01-12) * Machine translation; alinéa [0001] - alinéa [0013]; figure 1 * -----	1-12	B22D H05B F27D
A	GB 2 258 592 A (TOLKIEN PAUL WALTER DOMINIC [GB]) 10 février 1993 (1993-02-10) * revendication 1; figures 1,2 * -----	5	
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
30 novembre 2023		Desvignes, Rémi	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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		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	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2305907 FA 919965**

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 **30-11-2023**
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
CN 105960033	A	21-09-2016	AUCUN	

US 9993870	B2	12-06-2018	AU 2016236802 A1	19-10-2017
			CA 2936381 A1	14-10-2016
			CN 107530770 A	02-01-2018
			EP 3274115 A1	31-01-2018
			HU E050784 T2	28-01-2021
			PL 3274115 T3	16-11-2020
			SI 3274115 T1	30-10-2020
			US 2017056973 A1	02-03-2017
			WO 2016149812 A1	29-09-2016

FR 2517918	A1	10-06-1983	AUCUN	

US 3050833	A	28-08-1962	AUCUN	

JP H118049	A	12-01-1999	AUCUN	

GB 2258592	A	10-02-1993	AUCUN	
