

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale

WO 2021/099697 A1

(43) Date de la publication internationale
27 mai 2021 (27.05.2021)

(51) Classification internationale des brevets :

B22F 7/06 (2006.01) F22B 37/00 (2006.01)
B22F 10/20 (2021.01) G21C 5/10 (2006.01)
B23K 26/342 (2014.01) G21D 1/00 (2006.01)
B33Y 10/00 (2015.01) B23K 11/00 (2006.01)
B33Y 80/00 (2015.01) C22C 33/02 (2006.01)

AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR2020/000263

(22) Date de dépôt international :

19 novembre 2020 (19.11.2020)

(25) Langue de dépôt :

français

(26) Langue de publication :

français

(30) Données relatives à la priorité :

FR1913081 22 novembre 2019 (22.11.2019) FR

(71) Déposant : ELECTRICITE DE FRANCE [FR/FR] ;
22-30 Avenue De Wagram, 75008 Paris (FR).

(72) Inventeur : YRIEIX, Bernard ; 61 Avenue Georges Clemenceau, 77250 Moret Sur Loing (FR).

(74) Mandataire : REGIMBEAU ; 20 rue de chazelles, 75847 Paris cedex 17 (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO,

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

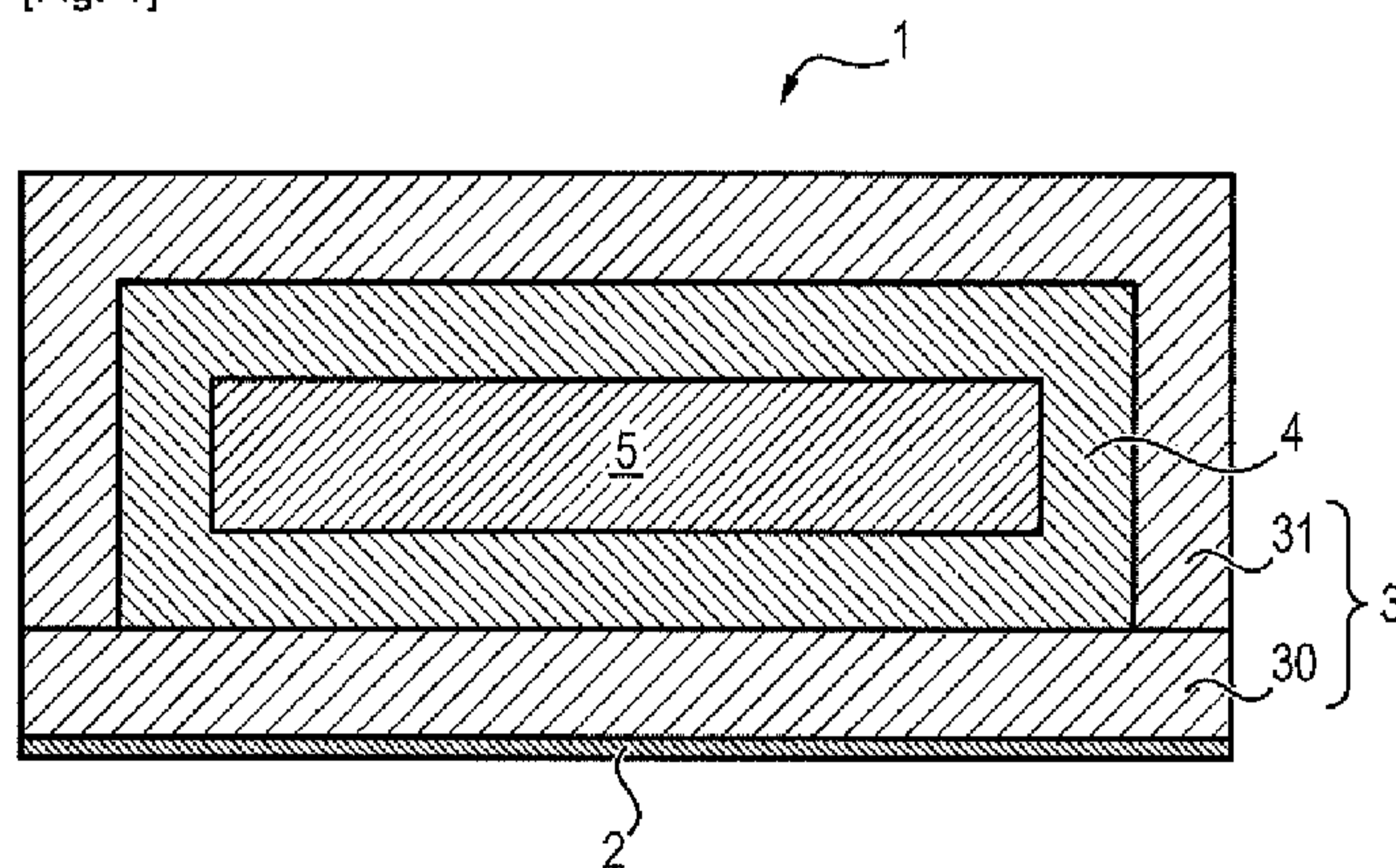
Publiée:

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

(54) Title: SOLID METALLIC COMPONENT AND METHOD FOR PRODUCING SAME

(54) Titre : PIÈCE MASSIVE MÉTALLIQUE ET SON PROCÉDÉ DE FABRICATION

[Fig. 1]



(57) Abstract: The invention relates in particular to a solid metallic component. This component (1) is particularly notable in that it comprises a core (5) and an external shell (3) which surrounds said core (5) in all directions, this core (5) and this shell (3) being made of different grades of steel, the steel of said core (5) having martensite and bainite critical cooling rates lower than those of the steel or steels of said shell (3).

(57) Abrégé : L'invention concerne notamment une pièce métallique massive. Cette pièce (1) est notamment remarquable en ce qu'elle comporte un cœur (5) et une enveloppe externe (3) qui ceinture ledit cœur (5) dans toutes les directions, ces cœur (5) et enveloppe (3) étant en aciers de nuances différentes, l'acier dudit cœur (5) présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier ou des aciers de ladite enveloppe (3).

WO 2021/099697 A1

DESCRIPTION

TITRE : Pièce massive métallique et son procédé de fabrication

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

La présente invention se situe dans le domaine général de la
5 fabrication de pièces métalliques massives.

Cette invention trouve une application non exclusive pour la fabrication de pièces métalliques de grandes dimensions et de forte épaisseur telles que par exemple celles que l'on rencontre dans la partie basse des générateurs de vapeur des centrales nucléaires, dites "plaques tubulaires".

10

ETAT DE LA TECHNIQUE

Un tel générateur de vapeur a pour fonction de transférer les calories de l'eau - source chaude - issue d'un réacteur d'une centrale nucléaire via des milliers de tubes en forme de "U" en contact d'une eau d'alimentation qui
15 sera mise à l'état de vapeur pour être transmise en sortie à un circuit (dit "secondaire") qui actionnera des turbines entraînant le rotor d'un alternateur pour produire de l'électricité. Après avoir cédé ses calories dans le générateur de vapeur, l'eau repart vers l'entrée du réacteur.

Lesdits milliers de tubes ont de très grandes dimensions dans leur
20 longueur, et sont maintenus à des hauteurs régulières par des entretoises soudées dans une plaque tubulaire laissant apparaître des trous assurant la libre circulation de l'eau en entrée et sortie. En partie basse de la plaque tubulaire, une cloison est aménagée dans ce que l'on appelle une "boîte à eau" pour séparer les différentes eaux en circulation.

25 La plaque tubulaire des générateurs de vapeur des centrales à eau sous pression est une pièce forgée épaisse (50 à 60 cm) de grand diamètre, percée de milliers de trous pour le passage des tubes d'échange. Fortement sollicitée mécaniquement du fait de la différence de pression de part et d'autre, sa rigidité est obtenue par son épaisseur et par les propriétés mécaniques du matériau dont
30 elle est constituée, à savoir un acier faiblement allié de la catégorie carbone manganèse.

La nature extrêmement massive de cette pièce est à l'origine de deux difficultés de fabrication principales :

35 - héritée de la taille du lingot nécessaire et du faible taux de corroyage demandé par l'épaisseur finale, l'homogénéité chimique et

métallurgique au sein de la pièce est assez mauvaise, ce qui conduit à des propriétés mécaniques variables dans la masse de celle-ci ;

- la conjonction de la très grande épaisseur et de la trempabilité limitée de l'acier utilisé ne permet pas d'obtenir dans le cœur de la plaque après traitement thermique de qualité, une microstructure de martensite ou bainite revenue, qui est le gage du meilleur compromis résistance / ténacité.

Typiquement, à cœur de la pièce, la limite d'élasticité, la résistance à la traction et le palier ductile sont abaissés tandis que la température de transition de la résilience est augmentée de plus de 50 °C.

- 10 Améliorer ces propriétés médiocres permettrait soit de concevoir des plaques moins massives et donc plus faciles à fabriquer, soit de disposer de marges de sûreté encore plus grandes.

De façon connexe, un gain en délai et en liberté d'approvisionnement sont aussi des attentes fortes.

- 15 Les fonctions élémentaires demandées à cette plaque tubulaire sont essentiellement :

- la tenue en flexion sous l'effort de pression différentielle ;
- sa stabilité mécanique en fabrication et en fonctionnement pour recevoir et maintenir le faisceau tubulaire ;
- 20 - sa capacité à être soudée sur les viroles et le bol du générateur de vapeur ;
- sa capacité à être revêtue par soudage d'acier inoxydable ou d'alliage à base nickel.

- 25 Ainsi, en simplifiant, le compromis à rechercher porte sur trois propriétés :

- limite d'élasticité et résistance en traction ;
- ténacité et résilience ;
- 30 - soudabilité.

- Pour cette dernière propriété (soudabilité), on notera que le Carbone équivalent (C*) de l'acier, calculé selon EN 10028-2, est d'environ 0.52 % (valeur typique) à 0.62 % (pour l'acier "18 MND 5", lequel est optimisé pour le traitement thermique), ce qui représente une valeur cible à ne pas trop dépasser, sous peine de remettre en cause les températures de préchauffage des différents soudages, mais surtout de prendre des risques de fissuration à froid.
- 35

L'état de l'art de telles fabrications indique que pour le premier défaut mentionné plus haut (mauvaise homogénéité), la coulée du lingot, le chutage des zones de ségrégation et le forgeage de la plaque sont délicats à réaliser et que le risque de rebut existe.

5 Il montre également qu'il n'existe aucune parade à la seconde difficulté (trempabilité limitée) du fait du nécessaire compromis entre propriétés mécaniques, trempabilité et soudabilité, en dehors d'un changement de nuance d'acier.

La présente invention a pour but de pallier ces inconvénients.

10

PRESENTATION DE L'INVENTION

A cet effet, l'invention concerne en premier lieu une pièce massive métallique caractérisée par le fait qu'elle comporte un cœur et une enveloppe
15 externe qui ceinture ledit cœur dans toutes les directions, ces cœur et enveloppe étant en aciers de nuances différentes, l'acier dudit cœur présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier ou des aciers de ladite enveloppe.

Grâce à ces caractéristiques de l'invention, la pièce obtenue
20 présente des caractéristiques mécaniques particulièrement homogènes. C'est particulièrement le cas de la dureté. Par ailleurs, la résilience et la ténacité sont élevées.

Selon d'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de cette pièce, ledit cœur est lui-même ceinturé par au moins une enveloppe interne,
25 cette enveloppe interne étant ceinturée par ladite enveloppe externe, l'acier dudit cœur présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier de ladite enveloppe interne, ces vitesses de ladite enveloppe interne étant elles-mêmes inférieures à celles de ladite enveloppe externe.

30 L'invention se rapporte également à un procédé de fabrication d'une telle pièce.

Ce procédé est remarquable en ce qu'il comporte une étape consistant à déposer lesdits aciers par fabrication additive ou soudage, sur une
35 embase préalablement fabriquée, de manière à former en même temps ledit cœur et le reste de ladite enveloppe, respectivement desdites enveloppes.

Selon d'autres caractéristiques non limitatives et avantageuses de ce procédé :

- la nuance d'acier du reste de ladite enveloppe externe est la même que celle de ladite embase ;

5 - la nuance d'acier du reste de ladite enveloppe externe est différente de celle de ladite embase, ces deux nuances présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique identiques ou quasi-identiques ;

- ladite embase est réalisée par forgeage ou laminage ;

- ladite embase est réalisée par fabrication additive ou soudage.

10

DESCRIPTION DES FIGURES

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront de la description qui va maintenant en être faite, en référence aux dessins annexés, qui en représentent, à titre indicatif mais non limitatif, différents modes de réalisation possibles.

15

Sur ces dessins :

[Fig. 1] est une vue schématique, selon un plan de coupe vertical, d'une pièce conforme à la présente invention ;

20

[Fig. 2] est une vue schématique illustrant une étape de fabrication de la pièce de la figure 1 ;

[Fig. 3] est une vue schématique illustrant le procédé de fabrication de la pièce, à un stade plus avancé que celui qui apparaît à la figure 2 ;

25 [Fig. 4] est un schéma montrant la variation de la dureté d'une pièce conforme à l'invention, au centre de celle-ci, après trempe et revenu, en faisant usage des matériaux indiqués dans le tableau I auquel il sera fait référence ci-après.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

30

Ainsi qu'on le constatera à la lecture de ce qui suit, la présente invention repose sur une combinaison de matériaux judicieusement organisés et d'un procédé de fabrication qui confèrent, après traitement de qualité, des propriétés mécaniques élevées et homogènes dans toute l'épaisseur de la pièce

35 ainsi générée.

Dans l'ensemble de la présente description, y compris les revendications, on entend par le terme "pièce" aussi bien une plaque, c'est à dire un objet dont l'épaisseur est plus petite que ses longueur et largeur, que tout autre objet tridimensionnel, par exemple parallélépipédique ou cylindrique, dont l'épaisseur serait supérieure à ses autres dimensions.

Selon l'invention et comme montré à la figure 1, on a affaire à une plaque métallique massive 1 en forme de disque.

Elle est représentée alors qu'elle est positionnée sur une épaisseur 2 d'acier inoxydable ou d'un alliage connu sous la marque déposée Inconel. Contrairement à ce qui apparaît aux figures 2 et 3, cette épaisseur est préférentiellement rapportée à la plaque 1, après fabrication de cette dernière.

Quand la plaque est une plaque de fond de générateur de vapeur (comme expliqué plus haut), l'épaisseur 2 est en contact avec l'eau primaire et constitue ainsi une barrière à la corrosion pour le reste de la plaque 1.

Cette plaque 1 comporte un cœur 5 et une enveloppe externe 3 qui ceinture ledit cœur 5 dans toutes les directions. Ce cœur 5 et cette enveloppe 3 sont en aciers de nuances différentes.

Plus précisément, dans l'exemple représenté ici, le cœur 5 est lui-même ceinturé par une enveloppe interne 4, cette enveloppe interne 4 étant ceinturée par ladite enveloppe externe 3.

Dans un mode de réalisation non représenté, on pourrait avoir affaire à une seule enveloppe externe 3 en contact direct avec le cœur ou, au contraire, un nombre d'enveloppes supérieur à deux.

En tout état de cause et selon l'invention, les nuances d'acier du cœur 5 et de chaque enveloppe 3 et 4 sont différentes, et l'acier dudit cœur 5 présente des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier de l'enveloppe 4 qui le ceinture, et ainsi de suite pour chaque enveloppe qui ceinture l'enveloppe précédente.

Ainsi, dans le cas de la figure 1, lesdites vitesses de l'enveloppe interne 4 sont inférieures à celles de l'enveloppe externe 3.

Cette plaque 1 peut être fabriquée selon la méthodologie détaillée ci-après.

On commence par forger ou laminier une tôle forte ou embase 30, d'épaisseur typique généralement comprise entre 10 à 15 cm. De telles épaisseurs garantissent une très bonne qualité métallurgique sans macro-ségrégation.

Optionnellement, cette tôle 30 peut être fabriquée selon la même méthodologie que celle qui sera décrite ci-dessous.

Le reste de la plaque 1 est dite "déposée", et est obtenue par fabrication additive ou soudage. Cela signifie que l'on procède à l'élévation progressive de l'ensemble de l'épaisseur de la plaque 1.

Si l'on se réfère à la figure 2, cela signifie qu'après avoir formé l'embase 30, on érige simultanément sur celle-ci, non seulement la partie inférieure de l'enveloppe 4, mais également la paroi latérale 31 de l'enveloppe 3 (cette dernière étant constituée à terme de la réunion de l'embase 30 et de la paroi latérale 31).

Cette opération est mise en œuvre préférentiellement au moyen d'un des procédés suivants ou d'une combinaison de ceux-ci :

- Soudage à l'arc avec métal ("GMAW" pour "Gaz Metal Arc Welding" ou "MIG / MAG" pour "Metal Inert Gaz/Active Inert Gaz") ;
- Soudage à l'arc sous flux ("SAW" pour "Submerged Arc Welding") ou soudage à l'arc sous flux solide ("ASF") ou encore fil ou feuillard sous flux ;
- Soudage sous laitier électroconducteur ("ESW" pour "Electroslag Welding") ou soudage (vertical) sous laitier.

Dans ces procédés de dépôt, les variantes considérées de façon préférentielle sont les apports de métal suivants qui ont pour point commun des taux de dépôt (kg/h) élevés :

- Tandem (deux fils ou feuillards avec alimentation électrique propre à chacun) ;
- Multi-fils (plusieurs fils avec alimentation électrique propre à chacun) ;
- Jumelés (2 fils ou feuillards sur la même alimentation électrique) ;
- Co-apport sans alimentation électrique ;
- Des combinaisons des techniques ci-dessus ;
- Des apports en métal chaud (c'est-à-dire préchauffé).

Les matériaux d'apport sont préférentiellement choisis avec un carbone équivalent inférieur à 0.65 %, typiquement 0.62 %, et présentant de très faibles taux d'hydrogène diffusible, afin de se prémunir de la fissuration à froid, avec des températures de préchauffage aussi basses que possible.

Les flux utilisés dans les procédés SAW et ESW seront préférentiellement des flux basiques qui permettent de meilleures propriétés des zones fondues.

Le principe du choix de nuances d'acier au regard des dimensions et des possibilités de traitement thermiques de la plaque est de sélectionner des nuances d'autant plus "trempantes" (c'est à dire aptes à être trempées) que l'on se situe à cœur de la pièce finale.

Le gradient de trempabilité ainsi généré est destiné à contrebalancer la diminution de la vitesse de refroidissement lors de la trempe entre l'enveloppe et le cœur.

Pour cela, on considère les propriétés finales après trempe et revenu, obtenues pour diverses analyses chimiques et vitesse de refroidissement local. Des modèles de transformations métallurgiques associés à une estimation des vitesses de refroidissement local peuvent être utilement employés pour y parvenir de façon prédictive.

Pour les plaques tubulaires de générateurs de vapeur actuels, on choisira préférentiellement les nuances de la façon suivante :

- La nuance de l'embase 30 est idéalement le "18 MND 5", conforme à la spécification actuelle, mais dans une version optimisée pour le traitement thermique. Son analyse type en pourcentage massique est C 0.2, Mn 1.3, Mo 0.5, Ni 0.65.

- Les nuances des métaux déposés pour constituer le reste de la plaque 1 doivent présenter des vitesses critiques de trempe martensitique et bainitique inférieures à celles de la couche précédente plus à l'extérieur, de manière à maintenir une microstructure très majoritairement bainitique avec des teneurs en ferrite perlite aussi limitée que possible (< 10 %) sans pour autant dépasser 0.65 % en carbone équivalent.

Exemple

30

Un exemple basé sur des produits du commerce est présenté Tableau 1 ci-dessous (dénommé "table 1", avec les analyses chimiques typiques, les valeurs de carbone équivalent, ainsi que les vitesses critiques de trempe martensitique (V_{cM}) et bainitique (V_{cB}).

35

Ces dernières valeurs sont à comparer aux faibles vitesses de refroidissement obtenue du fait de la très forte épaisseur de la plaque : Vitesse de refroidissement à 700 °C V_{r700} (K/h) = 5400, 3300, 1700, 770, 475 respectivement à 0, 5, 12, 20, 25 cm de profondeur.

5

[Table 1]

Couche	Analyse (%)						C* (%)	VcM (K/h)	VcB (K/h)
	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo			
Embase 30	0.18	0.22	1.52	0.64	0.18	0.52	0.62	93000	4100
Enveloppe interne 4	0.09	0.60	1.70	1.50	0.20	0.50	0.61	54000	1510
Cœur 5	0.07	0.30	1.50	2.00	0.25	0.58	0.62	49000	920
Partie 31 de l'enveloppe 3	0.08	0.60	1.70	1.50	0.20	0.50	0.62	60000	1650

A la Figure 3 sont présentés les résultats de dureté calculée au travers de la plaque, au centre de celle-ci, après une trempe à l'eau depuis 865 °C, puis revenu à 635 °C, en utilisant les nuances indiquée au Tableau 1.

10 Les segments visibles sur la figure portent la référence numérique de la partie de la plaque 1 à laquelle ils se rapportent.

On constate que la dureté est extrêmement homogène.

Par ailleurs, les teneurs en ferrite perlite restent inférieures à 10 % dans tout le métal déposé, ce qui indique indirectement pour ces aciers
15 C - Mn - Ni, que la résilience et la ténacité seront élevées.

En effet, si le réel critère de qualité de la microstructure est la quantité relative de bainite et de martensite, on s'attache également à la quantité de ferrite et de perlite. Une microstructure présentant de bonnes propriétés mécaniques contient préférentiellement plus de 90 % de bainite + martensite et
20 donc moins de 10 % de ferrite + perlite.

En conséquence la vitesse de transformation conduisant précisément à 10 % de ferrite + perlite (en abrégé "V10FP" (en K/h)) est également signifiante.

25 Ainsi le Tableau ci-dessus pourrait être complété de la manière suivante:

- pour l'embase 30 : V10FP = 1900 ;
- pour l'enveloppe interne 4 : V10FP = 590 ;

- pour le cœur 5 : V10FP = 335 ;
- pour la partie 31 de l'enveloppe 3 : V10FP = 640.

Dans l'exemple décrit ci-dessus, on fait usage de trois à quatre compositions chimiques différentes. Elle peut valablement être déclinée en seulement deux nuances différentes. Il convient dans ces variantes de respecter l'évolution croissante de la trempabilité des enveloppes vers le cœur.

La géométrie de la plaque 1 étant circulaire, les dépôts sont facilement mais pas obligatoirement effectués avec des têtes de soudage mobiles uniquement radialement et soudant circonférentiellement.

Cela évite l'utilisation plus coûteuse d'un robot aux dimensions de cette fabrication.

Plusieurs têtes de soudage peuvent utilement être employées simultanément ou séquentiellement, par exemple pour réaliser les passes extérieures et intérieures, ou tout simplement pour réduire le temps de fabrication.

Des dispositifs de contrôle de la température sont avantageusement utilisés afin de garantir les températures de préchauffage (supérieures à 150 °C), d'inter-passe et de post soudage (supérieure à 250 °C pendant 24 h).

Pour une meilleure stratégie de fabrication, on peut procéder ainsi :

- a) On part utilement mais pas obligatoirement de l'embase corroyée qui sera bridée avant soudage sur un vireur.
- b) Un feuillard périphérique peut être utilisé afin de limiter les épaisseurs devant être usinées après le soudage.
- c) La construction se fait de façon additive, couche par couche, de la face inférieure vers la face supérieure.
- d) Des traitements thermiques intermédiaires peuvent être réalisés afin de limiter les déformations et les contraintes résiduelles (traitement de détensionnement au-dessus de 550 °C), limiter les risques dus à l'hydrogène (traitement de précaution), et restaurer les propriétés du matériau sous-jacent.

e) Des opérations de forgeage intermédiaires peuvent être réalisées pour améliorer encore les propriétés finales. De même un forgeage final peut aisément être réalisé.

5 f) Traitement de détensionnement / première austénitisation / refroidissement à l'air.

g) Usinage de type ébauchage.

10 h) Traitement de qualité avec austénitisation à basse température ($AC3 + 40 \text{ }^\circ\text{C}$), trempe à l'eau, revenu en fonction des nuances utilisées (dans l'exemple donné ci-dessus : vers $635 \text{ }^\circ\text{C}$). AC3 est la désignation conventionnelle de la fin de transformation alpha / gamma au chauffage.

Le procédé selon l'invention permet d'obtenir les avantages suivants

:

Avantages principaux

15 - Suppression des macro-ségrégations.
- Homogénéité des propriétés mécaniques dans toute l'épaisseur de la plaque.
- Propriétés mécaniques globales meilleures, en particulier un excellent compromis résistance / ténacité.

20 Avantages secondaires

- Grande liberté de choix de fournisseur qui n'a plus besoin de disposer de très grande capacité de coulée de lingot.
- Délai de fabrication globale potentiellement raccourci.
- Possibilité de réparation locale en cours de fabrication.
25 - Possibilité de traitements thermiques intermédiaires.
- Possibilité de forgeages intermédiaires et finaux.
- Installation plus économique qu'une grosse forge.

30 Les utilisateurs d'une telle technique sont potentiellement les fabricants de générateur de vapeur, les forgerons de pièces massives, les chaudronniers, les forgerons, les fabricants de matériels et de produits de soudage.

REVENDICATIONS

1. Pièce massive métallique (1), caractérisée par le fait qu'elle comporte un cœur (5) et une enveloppe externe (3) qui ceinture ledit cœur (5) dans toutes les directions, ces cœur (5) et enveloppe (3) étant en aciers de nuances différentes, l'acier dudit cœur (5) présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier ou des aciers de ladite enveloppe (3).

2. Pièce (1) selon la revendication 1, caractérisée par le fait que ledit cœur (5) est lui-même ceinturé par au moins une enveloppe interne (4), cette enveloppe interne (4) étant ceinturée par ladite enveloppe externe (3), l'acier dudit cœur (5) présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique inférieures à celles de l'acier de ladite enveloppe interne (4), ces vitesses de ladite enveloppe interne étant elles-mêmes inférieures à celles de ladite enveloppe externe (3).

3. Procédé de fabrication d'une pièce selon la revendication 1 ou 2, caractérisée par le fait qu'il comporte une étape consistant à déposer lesdits aciers par fabrication additive ou soudage, sur une embase (30) préalablement fabriquée, de manière à former en même temps ledit cœur (5) et le reste de ladite enveloppe (3), respectivement desdites enveloppes (3, 4).

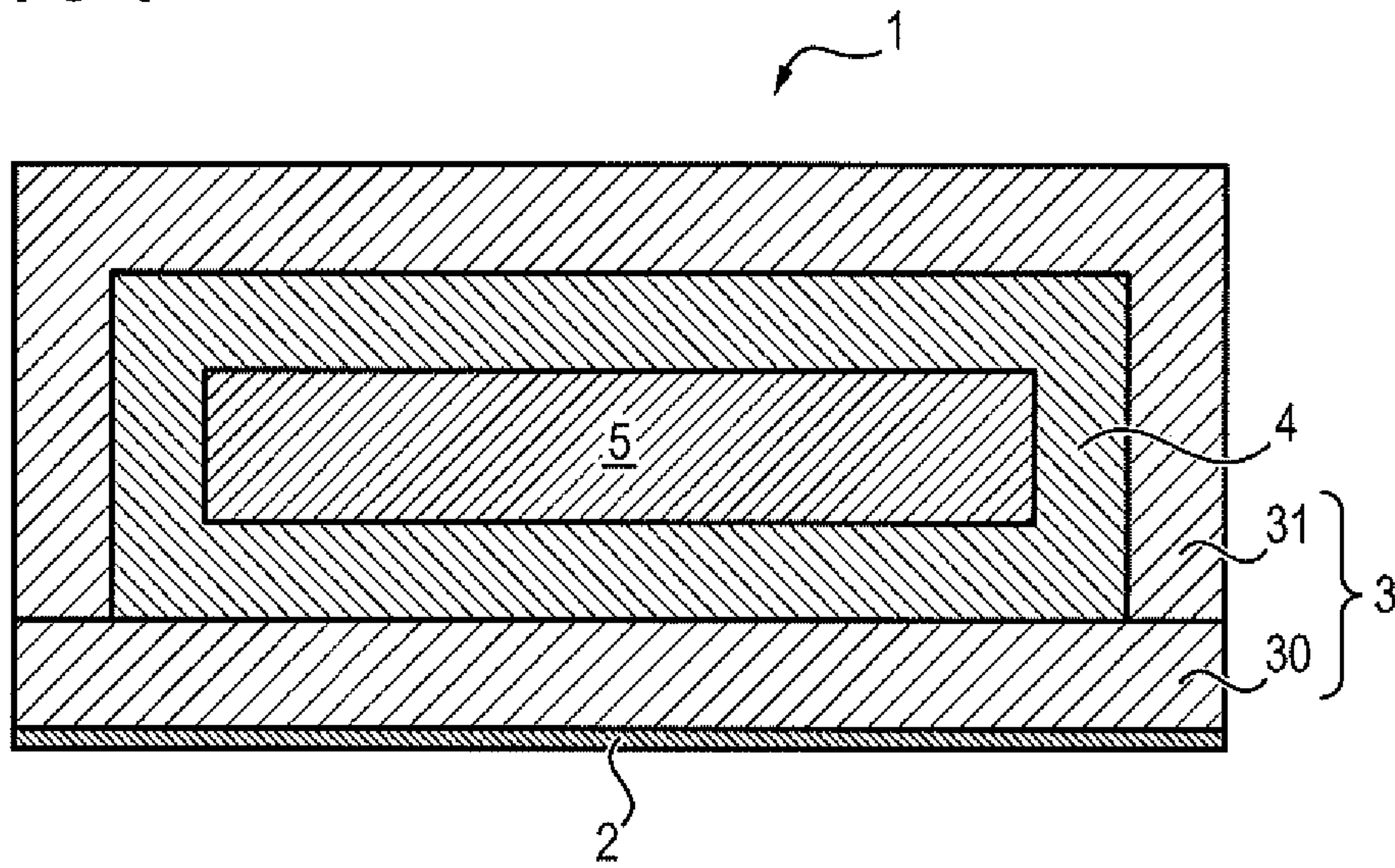
4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la nuance d'acier du reste de ladite enveloppe externe (3) est la même que celle de ladite embase (30).

5. Procédé selon la revendication 3, caractérisé par le fait que la nuance d'acier du reste de ladite enveloppe externe (3) est différente de celle de ladite embase (30), ces deux nuances présentant des vitesses critiques de trempes martensitique et bainitique identiques ou quasi-identiques.

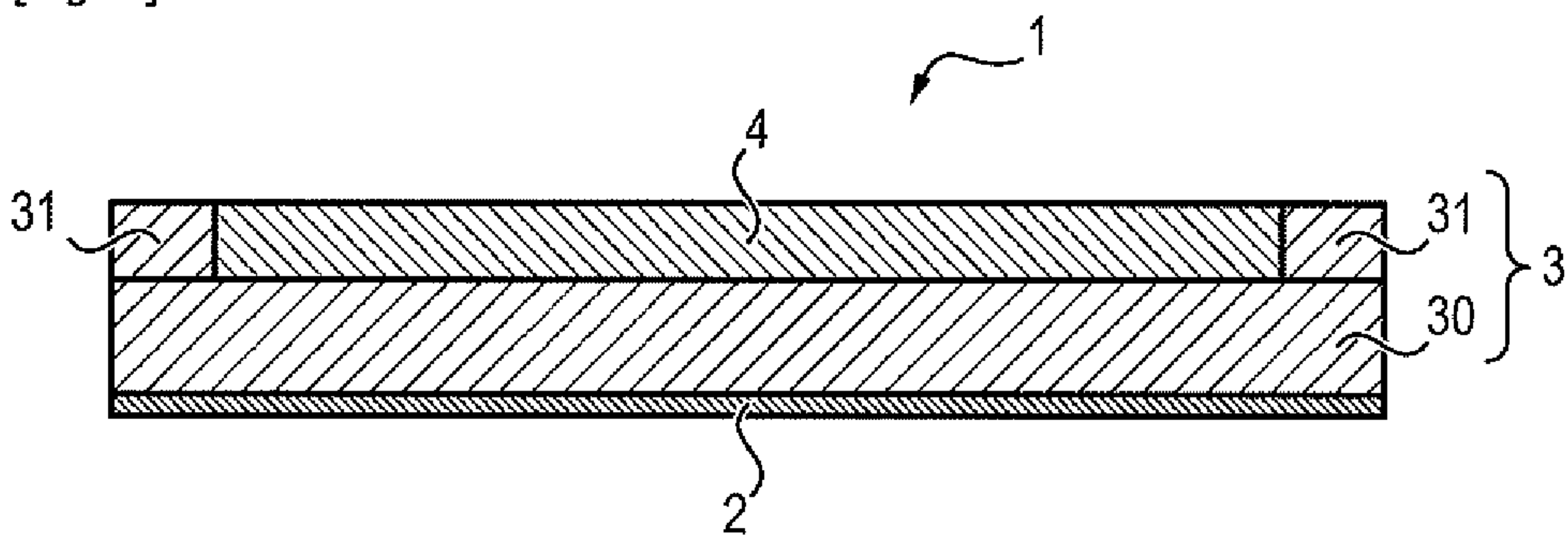
6. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé par le fait que ladite embase (30) est réalisée par forgeage ou laminage.

7. Procédé selon l'une des revendications 3 à 5, caractérisé par le fait que ladite embase est réalisée par fabrication additive ou soudage.

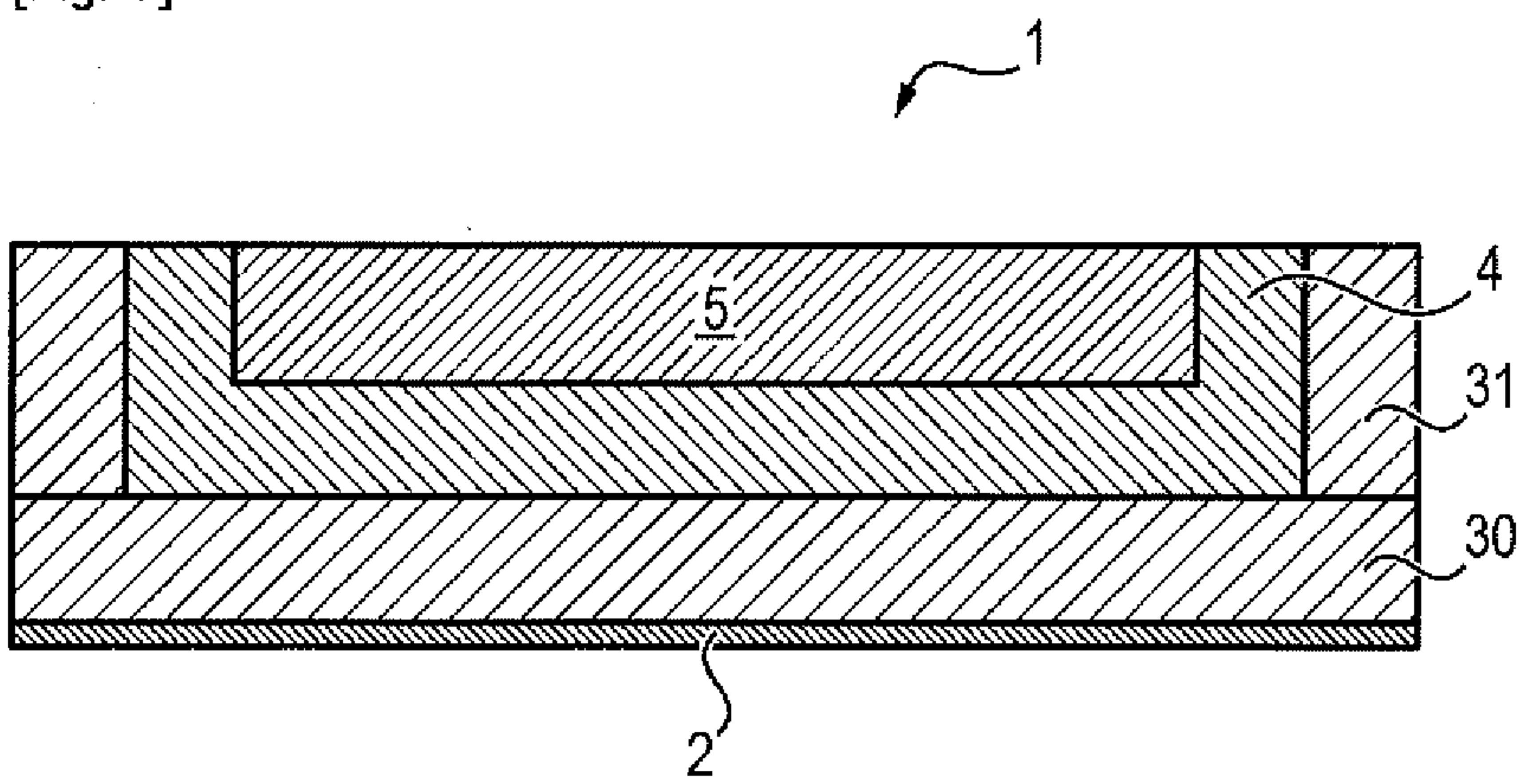
[Fig. 1]



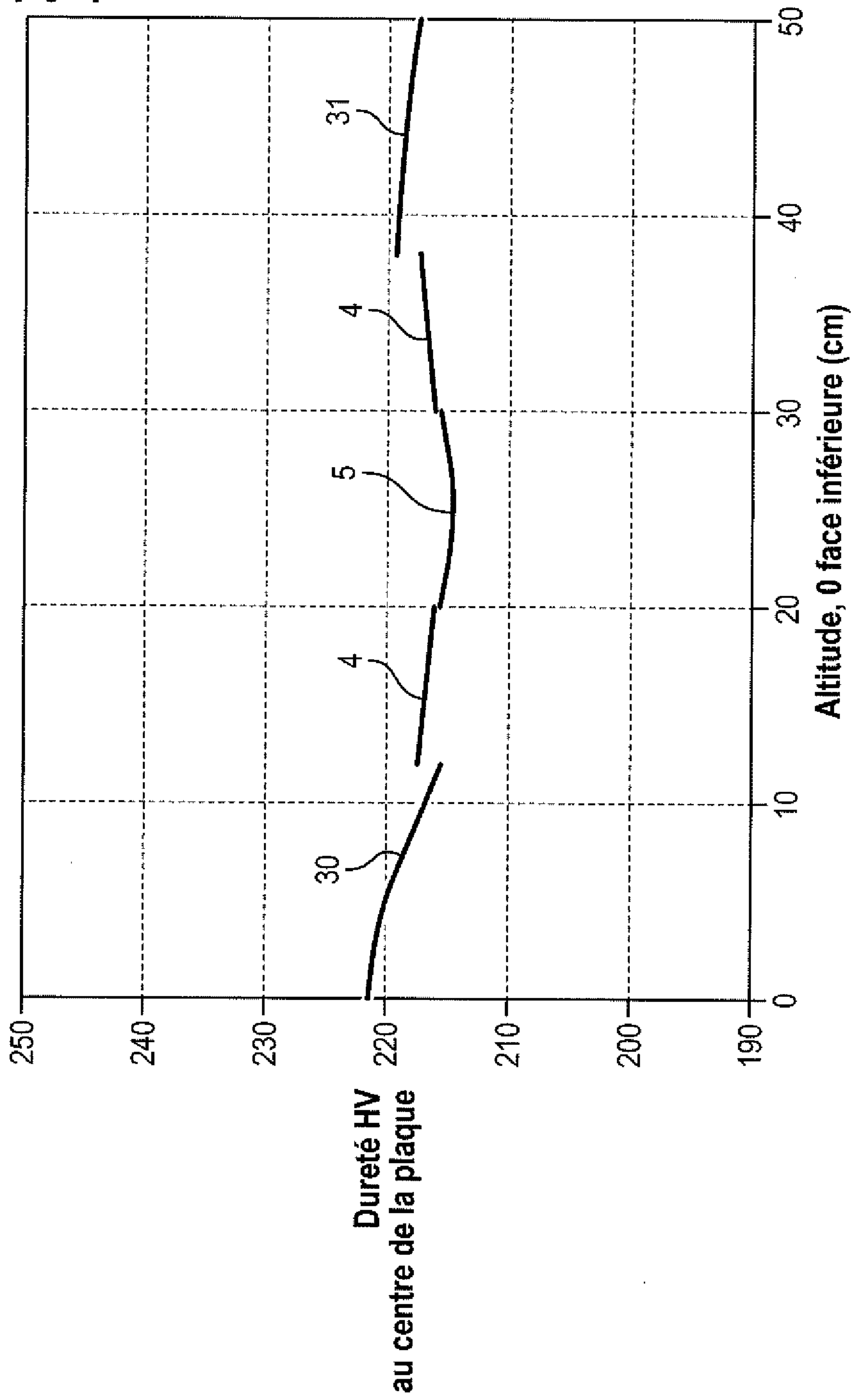
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/FR2020/000263

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B22F 7/06</i> (2006.01)i; <i>B22F 10/20</i> (2021.01)i; <i>B23K 26/342</i> (2014.01)i; <i>B33Y 10/00</i> (2015.01)i; <i>B33Y 80/00</i> (2015.01)i; <i>F22B 37/00</i> (2006.01)i; <i>G21C 5/10</i> (2006.01)i; <i>G21D 1/00</i> (2006.01)i; <i>B23K 11/00</i> (2006.01)i; <i>C22C 33/02</i> (2006.01)n		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B22F; F22G; B23K; G21J; B33Y; C22C; F22B; G21C; G21D		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2018226162 A1 (LISZKAI TAMAS [US] ET AL) 09 August 2018 (2018-08-09) paragraph [0069] figure 7	1-7
A	US 10395783 B2 (HOLTEC INTERNATIONAL [US]; SMR LLC) 27 August 2019 (2019-08-27) the whole document	1-7
A	US 2016232996 A1 (LISZKAI T) 11 August 2016 (2016-08-11) the whole document	1-7
A	US 9976815 B1 (ROPER CHRISTOPHER S [US] ET AL) 22 May 2018 (2018-05-22) the whole document	1-7
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search 24 February 2021		Date of mailing of the international search report 05 March 2021
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Morra, Valentina Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/FR2020/000263

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2018226162	A1	09 August 2018	CA	2926713	A1	02 July 2015
				CN	105960680	A	21 September 2016
				CN	108470588	A	31 August 2018
				EP	3087566	A1	02 November 2016
				EP	3454343	A1	13 March 2019
				ES	2699990	T3	13 February 2019
				HK	1257202	A1	18 October 2019
				JP	6542233	B2	10 July 2019
				JP	2017500581	A	05 January 2017
				KR	20160102439	A	30 August 2016
				PL	3087566	T3	29 March 2019
				US	2018005712	A1	04 January 2018
				US	2018226162	A1	09 August 2018
				WO	2015099868	A1	02 July 2015
				US	10395783	B2	27 August 2019
KR	20160099541	A	22 August 2016				
US	2016196885	A1	07 July 2016				
US	2019333651	A1	31 October 2019				
US	2020098483	A1	26 March 2020				
WO	2015061641	A1	30 April 2015				
US	2016232996	A1	11 August 2016	CA	2968823	A1	18 August 2016
				CN	107112056	A	29 August 2017
				EP	3256778	A1	20 December 2017
				ES	2806623	T3	18 February 2021
				JP	6657523	B2	04 March 2020
				JP	2018504573	A	15 February 2018
				KR	20170117144	A	20 October 2017
				PL	3256778	T3	02 November 2020
				US	2016232996	A1	11 August 2016
				WO	2016130186	A1	18 August 2016
US	9976815	B1	22 May 2018	US	9976815	B1	22 May 2018
				US	2018238638	A1	23 August 2018

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2020/000263

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B22F7/06 B22F10/20 B23K26/342 B33Y10/00 B33Y80/00 F22B37/00 G21C5/10 G21D1/00 B23K11/00 ADD. C22C33/02 Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB					
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B22F F22G B23K G21J B33Y C22C F22B G21C G21D Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche					
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC, WPI Data					
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS					
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents				no. des revendications visées
X	US 2018/226162 A1 (LISZKAI TAMAS [US] ET AL) 9 août 2018 (2018-08-09) alinéa [0069] figure 7 -----				1-7
A	US 10 395 783 B2 (HOLTEC INTERNATIONAL [US]; SMR LLC) 27 août 2019 (2019-08-27) le document en entier -----				1-7
A	US 2016/232996 A1 (LISZKAI T) 11 août 2016 (2016-08-11) le document en entier -----				1-7
A	US 9 976 815 B1 (ROPER CHRISTOPHER S [US] ET AL) 22 mai 2018 (2018-05-22) le document en entier -----				1-7
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe			
* Catégories spéciales de documents cités:					
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée			"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 24 février 2021			Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 05/03/2021		
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016			Fonctionnaire autorisé Morra, Valentina		

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2020/000263

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2018226162 A1	09-08-2018	CA 2926713 A1	02-07-2015
		CN 105960680 A	21-09-2016
		CN 108470588 A	31-08-2018
		EP 3087566 A1	02-11-2016
		EP 3454343 A1	13-03-2019
		ES 2699990 T3	13-02-2019
		HK 1257202 A1	18-10-2019
		JP 6542233 B2	10-07-2019
		JP 2017500581 A	05-01-2017
		KR 20160102439 A	30-08-2016
		PL 3087566 T3	29-03-2019
		US 2018005712 A1	04-01-2018
		US 2018226162 A1	09-08-2018
		WO 2015099868 A1	02-07-2015
US 10395783 B2	27-08-2019	EP 3061099 A1	31-08-2016
		KR 20160099541 A	22-08-2016
		US 2016196885 A1	07-07-2016
		US 2019333651 A1	31-10-2019
		US 2020098483 A1	26-03-2020
		WO 2015061641 A1	30-04-2015
US 2016232996 A1	11-08-2016	CA 2968823 A1	18-08-2016
		CN 107112056 A	29-08-2017
		EP 3256778 A1	20-12-2017
		ES 2806623 T3	18-02-2021
		JP 6657523 B2	04-03-2020
		JP 2018504573 A	15-02-2018
		KR 20170117144 A	20-10-2017
		PL 3256778 T3	02-11-2020
		US 2016232996 A1	11-08-2016
WO 2016130186 A1	18-08-2016		
US 9976815 B1	22-05-2018	US 9976815 B1	22-05-2018
		US 2018238638 A1	23-08-2018