(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 148 537**

(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) **N° d'enregistrement national :** **23 04686**

(51) Int Cl[8] : ***B 23 K 1/00*** *(2023.01), B 23 K 35/00*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 11.05.23.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 15.11.24 Bulletin 24/46.

(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) :** *SAFRAN NACELLES Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BIENVENU Philippe, BEMONT Emilie, BREQUIGNY Benjamin et LE HOUEROU François.

(73) **Titulaire(s) :** SAFRAN NACELLES Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** Cabinet CAMUS LEBKIRI.

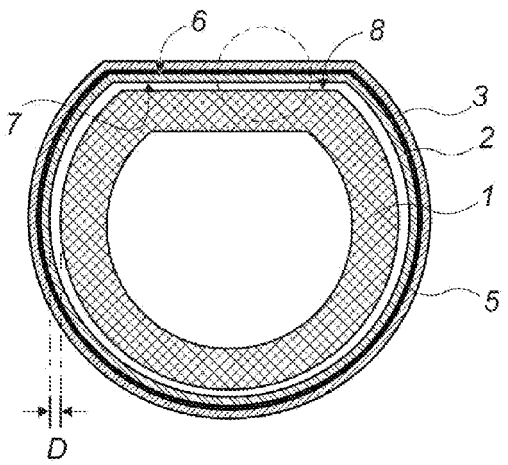
(54) Brasage par pression métallique avec un noyau à fort coefficient d'expansion thermique.

(57) Brasage par pression métallique avec un noyau à fort coefficient d'expansion thermique

Procédé de brasage comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'une première pièce (2) à assembler,
- mise en place d'une couche de brasure (5) sur une face de brasage (6) de la première pièce à assembler,
- mise en place d'une deuxième pièce (3) sur la couche de brasure,
- mise en place d'un noyau (1) à distance d'une face d'appui (7) de la première pièce,
- chauffage de l'ensemble à une température supérieure au point de fusion de la couche de brasure, mais inférieure à celui des pièces,
- maintien du chauffage, expansion thermique du noyau et appui du noyau sur la face d'appui de la première pièce avec une force de pression,
- plaquage de la face d'appui de la première pièce contre la deuxième pièce sous l'effet de la force de pression,
- refroidissement de l'ensemble et rétractation du noyau,
- retrait du noyau.

Figure à publier avec l'abrégé : Figure 1



FR 3 148 537 - A1

Description

Titre de l'invention : Brasage par pression métallique avec un noyau à fort coefficient d'expansion thermique

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

[0001] Le domaine technique de l'invention est celui du brasage, et plus particulièrement du brasage sous pression utilisant un métal d'apport également désigné en tant que brasure.

[0002] La présente invention concerne un nouveau procédé de brasage notamment apte à assembler des pièces à fort coefficient d'expansion thermique, et en particulier des structures sandwichs.

ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE DE L'INVENTION

[0003] Lors d'un brasage, il est parfois nécessaire d'appliquer une pression sur les pièces à assembler pour les plaquer l'une contre l'autre, de préférence pendant que la brasure est à l'état fondu. Cette pression peut être appliquée soit par pré-assemblage sous contrainte, soit par l'utilisation d'un gaz sous pression, ce qui est très onéreux.

[0004] Il existe donc un besoin pour un nouveau procédé de brasage, utilisant un nouvel ouillage de brasage, permettant d'appliquer une pression sur les pièces à assembler et qui soit fiable, peu onéreux et qui puisse être utilisé de façon satisfaisante dans le cadre de la fabrication de pièces à l'échelle industrielle.

[0005] Quelle que soit la forme des pièces à assembler, un tel procédé de brasage doit permettre un emmanchement des pièces pré-assemblées à froid, ou permettre un pré-assemblage des pièces à assembler directement sur l'outillage de brasage, tout en permettant également le démoulage des pièces brasées.

[0006] Ce procédé de brasage doit fournir une bonne qualité de brasage et permettre de conserver la géométrie souhaitée pour la pièce finale obtenue.

[0007] Il doit également permettre de braser des structures sandwichs comprenant deux peaux externes minces sur une âme interne légère et de différentes hauteurs, dans lesquelles le matériau constituant l'âme est un matériau présentant une résistance à la compression élevée et une masse volumique faible, notamment un matériau ayant une structure de type nid d'abeille.

Résumé de l'invention

[0008] L'invention offre une solution aux problèmes évoqués précédemment, en fournissant un ouillage de brasage comprenant un noyau prévu pour se dilater lors du chauffage des pièces à assembler afin de venir exercer une pression mécanique sur la pièce avec laquelle il entre en contact. Un système de bridage peut être nécessaire pour immobiliser les pièces à assembler lors du brasage.

[0009] Un aspect de l'invention concerne un procédé de brasage d'au moins deux pièces à assembler, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'une première pièce à assembler,
- mise en place d'une couche de brasure sur une face dite face de brasage de la première pièce à assembler,
- mise en place d'une deuxième pièce à assembler sur la couche de brasure,

le procédé comprenant en outre les étapes suivantes :

- mise en place d'un noyau à une distance D d'une face dite face d'appui de la première pièce à assembler,
- chauffage du noyau, des pièces à assembler et de la couche de brasure à une température T supérieure au point de fusion de la couche de brasure, mais inférieure au point de fusion des pièces à assembler,
- maintien du chauffage à la température T pendant une durée C comprise entre 1 et 40 minutes, expansion thermique du noyau et appui du noyau sur la face d'appui de la première pièce à assembler avec une pression F,
- plaquage de la face d'appui de la première pièce à assembler contre la deuxième pièce à assembler sous l'effet de la pression F,
- refroidissement du noyau, des pièces à assembler et de la couche de brasure, et rétractation du noyau,
- retrait du noyau.

[0010] Outre les caractéristiques qui viennent d'être évoquées dans le paragraphe précédent, le procédé selon un aspect de l'invention peut présenter une ou plusieurs caractéristiques complémentaires parmi les suivantes, considérées individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- le noyau présente un coefficient d'expansion thermique α supérieur d'au moins 4×10^{-6} °C^{-1} par rapport à celui des pièces à assembler ayant le coefficient d'expansion thermique le plus élevé.
- la distance D est inférieure à 2 millimètres.
- la durée C de chauffage à la température T est comprise entre 2 et 15 minutes.
- le procédé comprend l'étape suivante prévue avant l'étape de mise en place d'un noyau : pré-assemblage des pièces à assembler par la réalisation de points de maintien entre celles-ci.
- le procédé comprend, avant l'étape de chauffage, une étape de verrouillage en position des pièces à assembler.
- le procédé comprend, avant l'étape de chauffage, une étape de verrouillage en position du noyau.
- l'étape de chauffage est effectuée à une température T supérieure d'au moins 20 °C, préférentiellement d'au moins 60 °C, au point de fusion de la couche

de brasure.

- l'étape de maintien de chauffage est effectuée à une température T inférieure d'au moins 50 °C, préférentiellement d'au moins 70 °C, au point de fusion des pièces à assembler.
- l'étape de refroidissement est effectuée sous atmosphère inerte.
- l'étape de refroidissement est effectuée à une vitesse de refroidissement comprise entre 1 et 10 °C/min.
- la pression F exercée par le noyau sur les pièces à assembler lors de son expansion est comprise entre 0,2 et 0,5 bar.
- l'étape de chauffage est effectuée à une pression inférieure ou égale à 1,13 x 10^{-3} mbar.

[0011] On notera que par la réalisation de points de maintien entre des pièces on entend la réalisation de microsoudures électriques ou de soudages par fusion.

[0012] L'utilisation d'un noyau apte à se dilater lors du chauffage permet avantageusement d'exercer une pression mécanique sur les pièces à assembler au niveau d'une face de celles-ci qui peut être difficile d'accès, notamment dans le cas du brasage de pièces de révolution, par exemple cylindriques, coniques ou tronconiques, ou en forme de tonneau ou de demi-tonneau.

[0013] Le profil externe du noyau, prévu pour exercer une pression sur une des faces des pièces à assembler, peut être choisi pour avoir – à l'état dilaté – une forme complémentaire de celle souhaitée pour la pièce avec laquelle il entre en contact, ce qui permet avantageusement de conserver la géométrie souhaitée pour la pièce finale obtenue et d'anticiper avec précision le volume occupé par le noyau lorsqu'il est à l'état dilaté afin de ne pas détériorer les pièces à assembler, notamment dans le cas du brasage de structures sandwichs.

[0014] Le matériau du noyau étant conçu pour ne pas être détérioré ou déformé de façon irréversible lors du brasage, notamment lors du chauffage, ledit noyau peut être avantageusement réutilisé.

[0015] Le fait que le noyau reprenne sa forme initiale après refroidissement facilite avantageusement le démoulage des pièces brasées.

[0016] Le procédé de brasage de l'invention est d'autant plus performant si le noyau présente un coefficient d'expansion thermique très supérieur à celui des pièces à assembler, notamment dans le cas où les pièces à assembler présentent un fort coefficient d'expansion thermique.

[0017] La distance D entre le noyau et la pièce à assembler la plus proche permet avantageusement de tenir compte des défauts de géométrie de ladite pièce, d'avoir un jeu de montage suffisant pour pouvoir emmancher les pièces à assembler sur le noyau et d'avoir un jeu de brasage pour l'assemblage des pièces à assembler.

[0018] Dans le cas où une pièce de contre-pression est prévue à proximité immédiate ou en contact de la face externe de la deuxième pièce à assembler, celle-ci présente un profil interne ayant une forme complémentaire de celle souhaitée pour la deuxième pièce à assembler avec laquelle il entre en contact sous pression lors de l'expansion thermique du noyau, ce qui permet avantageusement d'utiliser le procédé de brasage de l'invention pour en outre conformer les pièces brasées selon un profil souhaité selon un procédé de type conformage à chaud. Un tel conformage à chaud permet avantageusement de s'affranchir d'une éventuelle opération d'hydroformage à froid préliminaire, ce qui permet de limiter les phénomènes de retour élastique et donc d'obtenir des tolérances géométriques plus précises pour la pièce finale obtenue.

[0019] L'invention et ses différentes applications seront mieux comprises à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent.

BREVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0020] Les figures sont présentées à titre indicatif et nullement limitatif de l'invention.

[0021] [Fig.1][Fig.2][Fig.3] sont des vues schématiques en coupe transversale illustrant le procédé de l'invention appliqué au brasage de pièces de révolution présentant un méplat.

[0022] [Fig.1bis] est un agrandissement de la partie encerclée sur [Fig.1].

[0023] [Fig.4][Fig.5][Fig.6] sont des vues schématiques en coupe transversale illustrant le procédé de l'invention appliqué au brasage de pièces en forme de demi-cylindre.

[0024] [Fig.4bis] est un agrandissement de la partie encerclée sur [Fig.4].

[0025] [Fig.7][Fig.8][Fig.9] sont des vues schématiques en coupe longitudinale illustrant le procédé de l'invention appliqué au brasage de pièces tronconiques creuses de forme tronconique présentant une structure sandwich.

[0026] [Fig.7bis] est un agrandissement de la partie encerclée sur [Fig.7].

DESCRIPTION DETAILLEE

[0027] Sauf précision contraire, un même élément apparaissant sur des figures différentes présente une référence unique.

[0028] Le principe de l'invention repose sur l'utilisation d'un outillage de brasage comprenant noyau 1 qui se dilate lors de l'étape de chauffage dans un procédé de brasage, ce noyau 1 venant alors appliquer une pression mécanique sur les pièces à assembler 2, 3, 4 lors de son augmentation de volume.

[0029] De manière classique, ce procédé comprend tout d'abord une opération de préassemblage consistant à mettre en place, couche par couche, les pièces à assembler 2, 3, 4 avec une couche de brasure 5 entre celles-ci, dont la nature est choisie de façon habituelle en fonction des matériaux constitutifs des pièces à assembler 2, 3, 4. La face d'une pièce à assembler sur laquelle est déposé une couche de brasure 5 est désignée

en tant que face de brasage 6. Pour N pièces à assembler 2, 3, 4 par brasure, on compte ainsi N-1 faces de brasage 6.

[0030] Pour les grandes surfaces à braser, la couche de brasure 5 est préférentiellement sous la forme de feuillard ou de tape, tandis que pour les plus petites surfaces, la couche de brasure 5 est préférentiellement sous la forme de pâte, de poudre, de fil, de baguettes ou d'anneau.

[0031] Au cours de cette opération de pré-assemblage, les pièces à assembler 2, 3, 4 sont maintenues ensemble pendant leur manutention. Ce maintien se fait préférentiellement par la réalisation de petits points de soudure ou de fusion entre les pièces à assembler 2, 3, 4.

[0032] L'opération de pré-assemblage peut être réalisée directement sur l'outillage. Dans le cas contraire, après l'opération de pré-assemblage, les pièces à assembler 2, 3, 4 sont déplacées jusqu'à l'outillage de brasage.

[0033] Selon la conformation de celles-ci, les pièces à assembler 2, 3, 4 sont ensuite positionnées sur le noyau 1 ou alors le noyau 1 est introduit à l'intérieur des pièces à assembler 2, 3, 4 (cf. [Fig.1], [Fig.4] et [Fig.7]).

[0034] Le noyau 1 est alors positionné à une distance D d'une face dite face d'appui 7 de la pièce à assembler 2 la plus proche du noyau 1, qui est habituellement la pièce à assembler constituant la première couche et/ou la couche inférieure des pièces à assembler 2, 3, 4. La face d'appui 7 de la pièce à assembler 2 est la face de cette pièce qui est la plus proche du noyau 1 lorsque celui-ci est mis en place. La distance D est préférentiellement inférieure à 2 millimètres, ce qui permet de tenir compte des défauts de géométrie des pièces à assembler 2, 3, 4 (habituellement de 0,5 à 1,3 mm), d'avoir un jeu de montage suffisant pour pouvoir emmancher les pièces à assembler sur le noyau (environ 0,5 mm au rayon pour des pièces de révolution) et d'avoir un jeu de brasage pour l'assemblage des pièces à assembler (environ 0,2 mm pour un assemblage de type tôle/nid d'abeille et environ 0,1 mm pour un assemblage de type tôle/tôle).

[0035] Une fois que le noyau 1 est correctement positionné par rapport aux pièces à assembler 2, 3, 4, l'outillage de brasage et les pièces à assembler 2, 3, 4 sont mutuellement immobilisés par un dispositif d'immobilisation (non représenté). Ce dispositif d'immobilisation comprend préférentiellement des moyens de serrage par clavetage, mais tout autre dispositif d'immobilisation peut être utilisé.

[0036] L'ensemble formé par le noyau 1, les pièces à assembler 2, 3, 4 et la ou les couche(s) de brasure 5 est ensuite chauffé à une température T supérieure au point de fusion des couches de brasure 5, mais inférieure au point de fusion des pièces à assembler 2, 3, 4. Ce chauffage est préférentiellement effectué dans une plage de température comprise entre 1000°C et 1200 °C, par exemple pour le brasage de pièces à base d'acier ou de

nickel, mais il peut également être réalisé dans une plage de température comprise entre 800 °C et 1000°C, par exemple pour le brasage de pièces à base de titane. Le chauffage est également préférentiellement effectué à une température T supérieure d'au moins 20 °C, préférentiellement d'au moins 60 °C, au point de fusion de la couche de brasure 5, et effectué à une température T inférieure d'au moins 50 °C, préférentiellement d'au moins 70 °C, au point de fusion des pièces à assembler 2, 3, 4. Utiliser une température T de brasage la plus basse possible permet d'augmenter la durée de vie du noyau 1 et de consommer moins d'énergie.

[0037] Le chauffage peut être réalisé en plaçant le noyau 1 et les pièces à assembler 2, 3, 4 dans un four, ou en chauffant le noyau 1 par induction

[0038] Le chauffage est maintenu pendant une durée C, permettant au noyau 1 de se dilater sous l'effet de la chaleur et de venir exercer une pression sur les pièces à assembler 2, 3, 4. La durée C de chauffage est comprise entre 1 et 40 minutes, préférentiellement comprise entre 2 et 15 minutes.

[0039] Lors de la dilatation du noyau 1, sa surface externe 8 vient se plaquer contre la face d'appui 7 de la première pièce à assembler 2 avec une pression F, et exercer une pression mécanique sur celle-ci, afin de la déformer orthogonalement par rapport à la surface externe 8 du noyau 1 (cf. [Fig.2], [Fig.5] et [Fig.8]). La pression F exercée par le noyau 1 sur les pièces à assembler 2, 3, 4 lors de son expansion est par exemple comprise entre 0,2 et 0,5 bar.

[0040] Ainsi, dans le cas où le noyau 1 est logé dans une pièce à assembler 2 creuse, en se dilatant le noyau 1 exerce une pression mécanique sur la face interne de ladite pièce à assembler 2, visant à la déformer vers l'extérieur. Le noyau 1 exerce donc une pression d'accostage sur la pièce à assembler 2 la plus proche. Cette pression doit être d'au moins 0,2 bars pour assurer une déformation plastique suffisante de la ladite pièce à assembler 2 et assurer un bon brasage des pièces à assembler 2, 3, 4, mais ne doit préférentiellement pas dépasser la tenue en flambage des pièces à assembler 2, 3, 4, et être largement inférieure à la tenue mécanique du noyau 1 à chaud. A titre d'exemple, une structure en nid d'abeille en titane flambe à partir de 0,5 bars de pression à 980 °C.

[0041] Afin de se dilater de la même manière sur la totalité de la face d'appui 7 de la première pièce à assembler, le noyau 1 se présente préférentiellement sous la forme d'un matelas d'épaisseur constante. En effet, une épaisseur constante du matelas permet notamment une homogénéité thermique dans le noyau 1, ce qui augmente la durée de vie du noyau 1 en limitant ses déformations internes de l'outillage. Elle est préférentiellement comprise entre 30 et 40 mm. Cette épaisseur doit être suffisante pour garantir une bonne tenue dans le temps mais pas trop importante pour limiter l'inertie thermique du matelas et donc limiter la durée du cycle de brasage et la consommation énergétique. L'état de surface du noyau 1 doit préférentiellement

présenter une rugosité moyenne arithmétique Ra maximum de 1,6 et des tolérances de forme de l'ordre de 0,2 mm. Lors de la conception du noyau 1, une simulation thermique peut être réalisée pour identifier les concentrations de contraintes et les supprimer.

[0042] Bien que cela ne soit pas représenté sur les dessins, les pièces à assembler 2, 3, 4 sont également susceptibles de se dilater lors de l'étape de chauffage. Par conséquent, afin de s'assurer que le noyau 1 puisse exercer une pression suffisante sur les pièces à assembler 2, 3, 4, il présente préférentiellement un coefficient d'expansion thermique α supérieur d'au moins 4 x 10^{-6} $°C^{-1}$ par rapport à celui des pièces à assembler 2, 3, 4. A ce titre, on notera que plus le profil des pièces à assembler 2, 3, 4 est sinueux et plus le diamètre de celles-ci est faible, et par conséquent plus le delta de coefficient d'expansion thermique α entre le noyau 1 et les pièces à assembler 2, 3, 4 devra être important.

[0043] Le noyau 1 est préférentiellement fabriqué dans un matériau présentant un coefficient d'expansion thermique α d'au moins 22,4 x 10^{-6} $°C^{-1}$ dans une plage de température comprise entre 1000 °C et 1200 °C, cette plaque correspondant à une gamme de température préférée pour le procédé. Les normes ASTM E228 ou ISO 11359-2 peuvent par exemple être utilisées pour mesurer le coefficient d'expansion thermique α de l'outillage.

[0044] Afin de ne pas être déformé de façon irréversible lors du chauffage, le noyau 1 est préférentiellement fabriqué dans un matériau tel qu'il n'est pas déformé par fluage. La norme NF A 03-355 peut par exemple être utilisée pour mesurer le fluage de l'outillage.

[0045] Lors du chauffage, le noyau 1 se dilate et les pièces à assembler 2, 3, 4 sont plaquées les unes contre les autres, tandis que la matière fondue de la couche de brasure 5 se répartit sensiblement uniformément entre celles-ci.

[0046] Après ce chauffage, il reste à faire refroidir l'ensemble. Ce refroidissement est réalisé par exemple à une vitesse de refroidissement comprise entre 1 et 10 °C/min. Il est préférentiellement réalisé à une vitesse de refroidissement d'environ 2 °C/min puis, une fois la brasure solidifiée, à une vitesse de refroidissement plus rapide, par exemple d'environ 7 °C/min. La vitesse de refroidissement peut par exemple être contrôlée en régulant la baisse de température des moyens de chauffage et/ou en refroidissant les noyau 1 et les pièces à assembler 2, 3, 4 par une source de froid.

[0047] Au cours du refroidissement, le noyau 1 reprend ses dimensions initiales et la matière de la couche de brasure 5 se solidifie pour assembler les pièces à assembler 2, 3, 4 (cf. [Fig.3], [Fig.6] et [Fig.9]). Le noyau 1 peut alors être retiré de la pièce finale obtenue. Afin de pouvoir effectuer ce refroidissement rapidement, le noyau 1 est préférentiellement fabriqué dans un matériau qui n'est pas détérioré lorsqu'il est refroidi à une

vitesse de refroidissement supérieure ou égale à 75 °C par minute. Le refroidissement est préférentiellement effectué sous atmosphère inerte, par exemple sous atmosphère d'argon, d'azote ou d'hydrogène.

[0048] Le brasage est préférentiellement effectué sous vide, par exemple à un niveau de vide secondaire minimum de 1,13 x 10^{-3} mbar, dans un environnement exempt d'humidité, avec des pièces à assembler 2, 3, 4 propres et dégraissées ou décapées.

[0049] Les pièces à assembler 2, 3, 4 peuvent présenter de nombreuses formes, quelques-unes étant illustrées à titre d'exemple sur les figures. Elles peuvent être coniques, cylindriques, de révolution ou non, avec ou sans apex (sommet d'un cône) ou une combinaison de formes concave/convexe.

[0050] Lors de l'expansion du noyau 1, selon leur forme, les pièces à assembler 2, 3, 4 peuvent avoir tendance à vouloir se déplacer les unes par rapport aux autres et/ou par rapport au noyau 1. De même, le noyau 1 peut également avoir tendance à vouloir se déplacer par rapport aux pièces à assembler 2, 3, 4. Cela se produit notamment lorsque les pièces à assembler 2, 3, 4 sont coniques, tronconiques ou en forme de demi-tonneau.

[0051] Dans ce cas, il est nécessaire de verrouiller les pièces à assembler 2, 3, 4 et/ou le noyau 1 en position avant l'étape de chauffage afin de les maintenir en place lors de leur expansion respective. Ce verrouillage peut par exemple être réalisé au moyen d'un système de bridage 9 qui vient immobiliser les pièces à assembler 2, 3, 4 et/ou le noyau 1, ou au moyen d'un système de cales 10 venant empêcher leur déplacement. Les moyens de verrouillage utilisés dépendent de la forme des pièces à assembler 2, 3, 4 et du noyau 1. Comme il existe de très nombreuses possibilités de formes, il faut par conséquent utiliser des systèmes de bridage 9 et de cales 10 adaptés à chaque situation, mais sans que cela ne présente de réelle difficulté pour l'homme du métier.

[0052] Si les pièces à assembler 2, 3, 4 et le noyau 1 ne présentent pas de forme susceptible de provoquer leur déplacement lors de l'expansion du noyau 1, en se dilatant dans toutes les directions, l'expansion du noyau 1 peut générer un centrage automatique des pièces à assembler 2, 3, 4 avec le noyau 1. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de verrouiller ou de maintenir les pièces à assembler 2, 3, 4 et/ou le noyau 1. C'est notamment le cas lorsque les pièces à assembler 2, 3, 4 et le noyau 1 sont de forme sensiblement cylindrique ou en forme de tonneau, avec le noyau 1 logé sensiblement au centre des pièces à assembler 2, 3, 4.

[0053] Le noyau 1 est préférentiellement monobloc, mais il peut également être en plusieurs parties, par exemple afin de faciliter le démoulage des pièces brasées, notamment si les pièces à assembler 2, 3, 4 présentent un apex ou une forme en contre-dépouille. On peut par exemple utiliser un noyau 1 comprenant des clés mobiles ou/et amovibles afin de braser des pièces présentant une forte contre-dépouille.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de brasage d'au moins deux pièces (2, 3, 4) à assembler, ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- fourniture d'une première pièce (2) à assembler,
- mise en place d'une couche de brasure (5) sur une face dite face de brasage (6) de la première pièce (2) à assembler,
- mise en place d'une deuxième pièce (3) à assembler sur la couche de brasure (5),
- le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend en outre les étapes suivantes :
- mise en place d'un noyau (1) à une distance D d'une face dite face d'appui (7) de la première pièce (2) à assembler, ledit noyau (1) présentant un coefficient d'expansion thermique (α) supérieur à celui des pièces (2, 3, 4) à assembler,
- chauffage du noyau (1), des pièces à assembler (2, 3, 4) et de la couche de brasure (5) à une première température (T) supérieure au point de fusion de la couche de brasure (5), mais inférieure au point de fusion des pièces à assembler (2, 3, 4),
- maintien du chauffage à une deuxième température (T) pendant une durée (C) comprise entre 1 et 40 minutes, expansion thermique du noyau (1) et appui du noyau (1) sur la face d'appui (7) de la première pièce (2) à assembler avec une pression (F),
- plaquage de la face d'appui (7) de la première pièce (2) à assembler contre la deuxième pièce (3) à assembler sous l'effet de la pression F,
- refroidissement du noyau (1), des pièces à assembler (2, 3, 4) et de la couche de brasure (5), et rétractation du noyau (1),
- retrait du noyau (1).

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le noyau (1) présente un coefficient d'expansion thermique (α) supérieur d'au moins 4×10^{-6} °C^{-1} par rapport à celui des pièces (2, 3, 4) à assembler ayant le coefficient d'expansion thermique le plus élevé.

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la distance (D) est inférieure à 2 millimètres.

[Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la durée (C) de chauffage à la température (T) est comprise entre 2 et 15 minutes.

[Revendication 5] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, avant l'étape de chauffage, une étape de verrouillage en position des pièces à assembler (2, 3, 4).

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comprend, avant l'étape de chauffage, une étape de verrouillage en position du noyau (1).

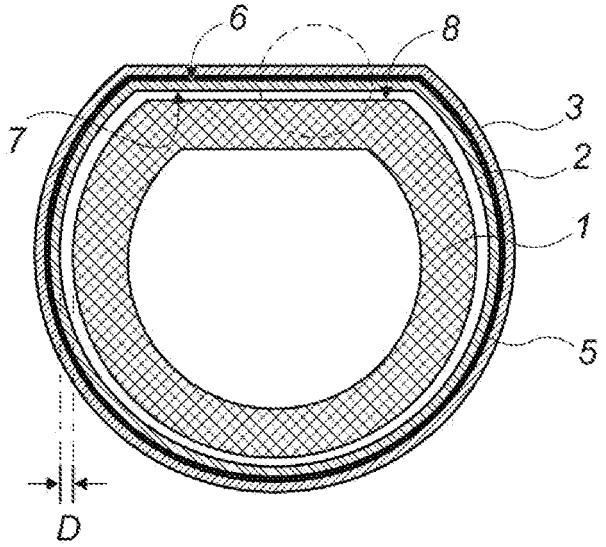
[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de refroidissement est effectuée à une vitesse de refroidissement comprise entre 1 et 10 °C/min.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pression (F) exercée par le noyau (1) sur les pièces à assembler (2, 3, 4) lors de son expansion est comprise entre 0,2 et 0,5 bar.

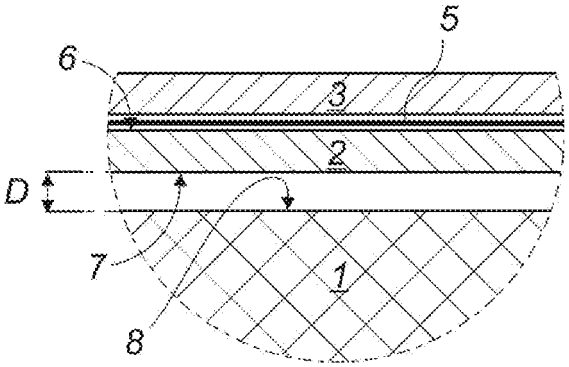
[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de chauffage est effectuée à une température (T) supérieure d'au moins 20 °C, préférentiellement d'au moins 60 °C, au point de fusion de la couche de brasure (5).

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étape de maintien de chauffage est effectuée à une température (T) inférieure d'au moins 50 °C, préférentiellement d'au moins 70 °C, au point de fusion des pièces à assembler (2, 3, 4).

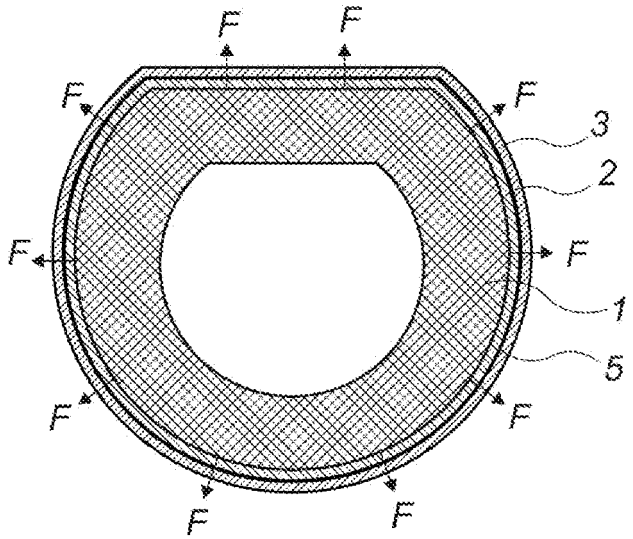
[Fig. 1]



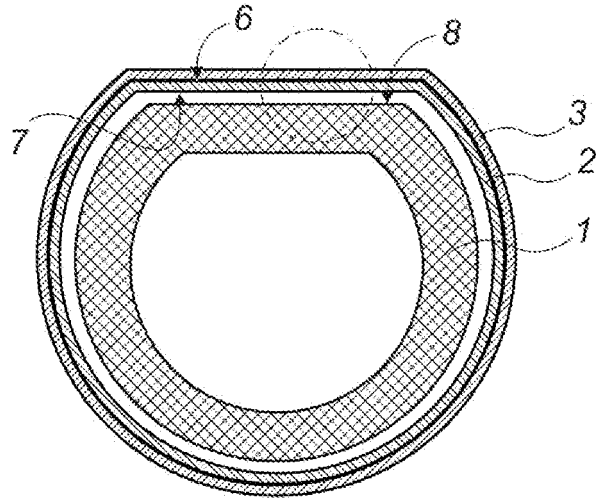
[Fig. 1bis]



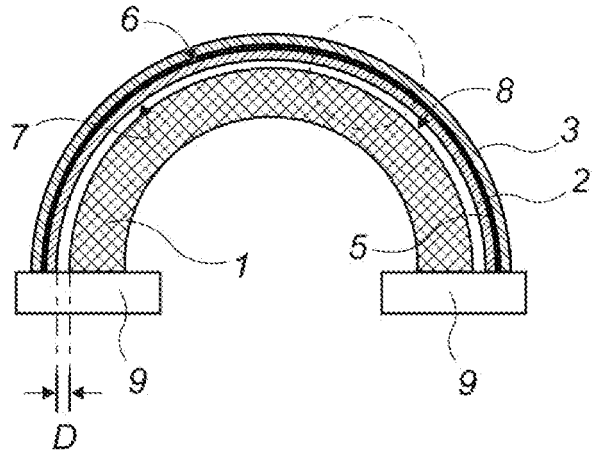
[Fig. 2]



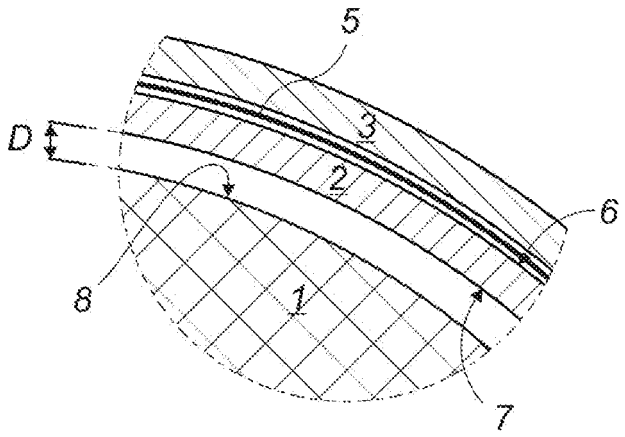
[Fig. 3]



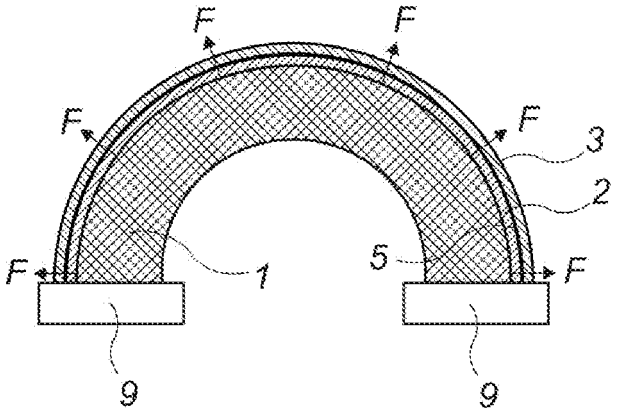
[Fig. 4]



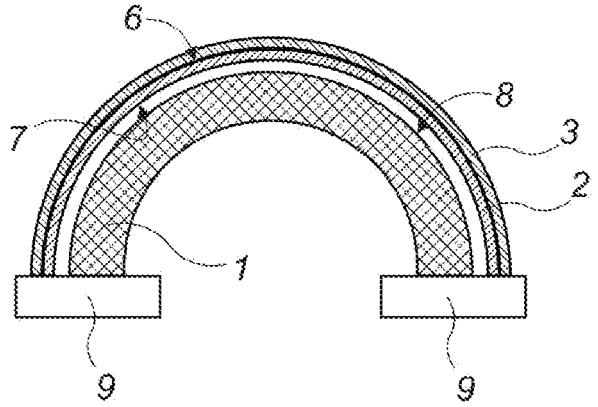
[Fig. 4bis]



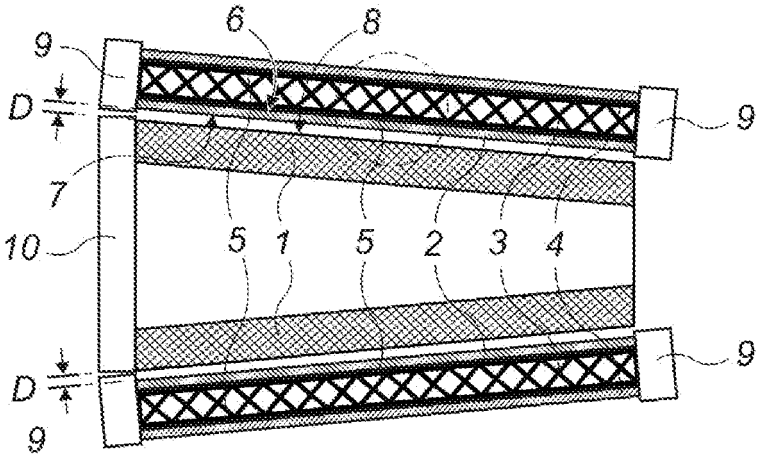
[Fig. 5]



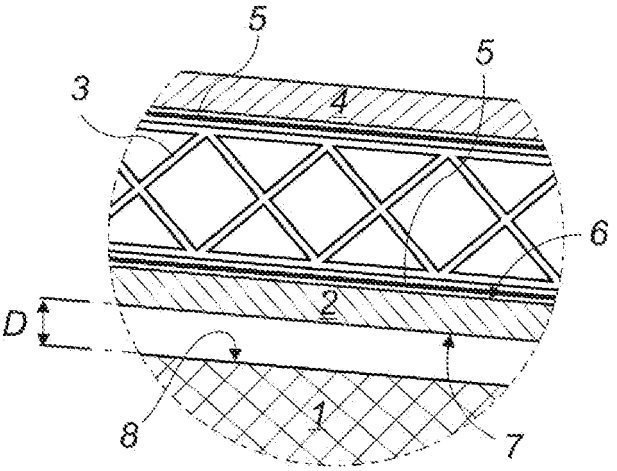
[Fig. 6]



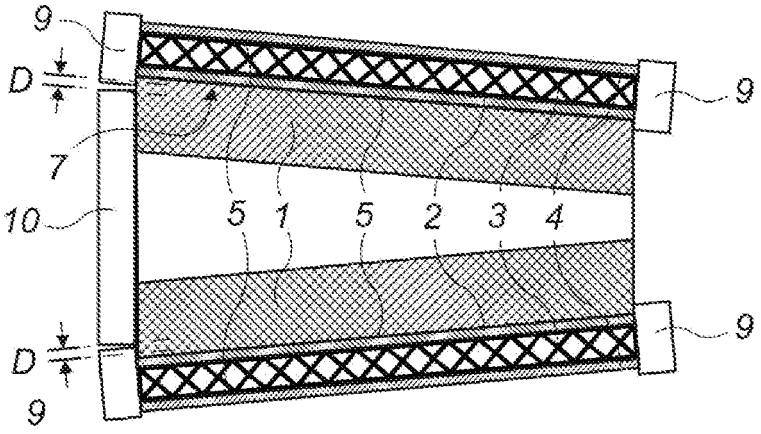
[Fig. 7]



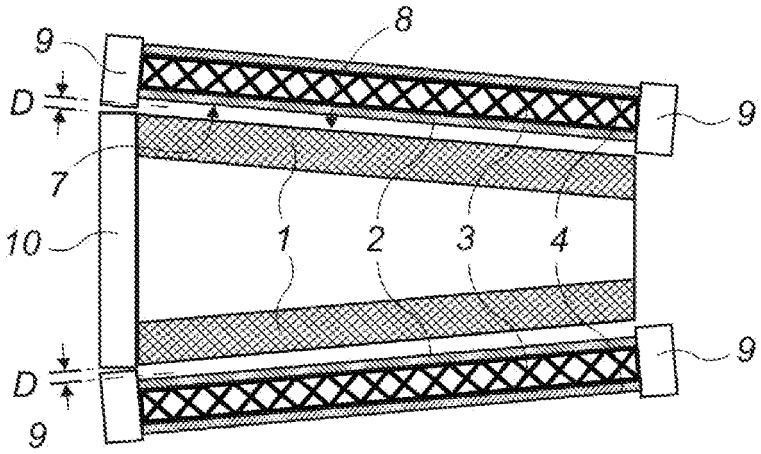
[Fig. 7bis]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 919385
FR 2304686

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 112 756 723 A (CHINA NUCLEAR POWER ENG CO LTD) 7 mai 2021 (2021-05-07) * 0019, 0050, 0064; ;fig. 1 *	1-10	B23K 1/00 B23K 35/00
X	US 2017/274466 A1 (BIENVENU PHILIPPE [FR] ET AL) 28 septembre 2017 (2017-09-28) * 0028, 0081, 0092, 0093, 0120-0122, 0131, 0132; rev. 1; fig. 3, 7a-8; revendication 1; figures 7a-8 *	1-10	
A	Schnee Daniel: "Grundlagen des Lötens", , 10 avril 2019 (2019-04-10), XP093095278, Extrait de l'Internet: URL:https://saxonia-tm.de/Brazetec/de/Downloads/Technisches%20Know-How/show_02357_BR_Brazetec_Grundlage_Loeten_MON15_low_einzel.pdf [extrait le 2023-10-26] * alinéa [04.2] *	1-10	
A	JP H04 321571 A (SOZO KAGAKU KK) 11 novembre 1992 (1992-11-11) * 0008; fig. 1, 2 *	1-10	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B23K
A	US 3 747 197 A (RIEL F) 24 juillet 1973 (1973-07-24) * le document en entier *	1-10	

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
26 octobre 2023	Kreutzer, Ingo

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

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304686 FA 919385

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 **26-10-2023**
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 112756723 A	07-05-2021	AUCUN	
US 2017274466 A1	28-09-2017	EP 3233346 A1	25-10-2017
		FR 3030327 A1	24-06-2016
		US 2017274466 A1	28-09-2017
		WO 2016097634 A1	23-06-2016
JP H04321571 A	11-11-1992	AUCUN	
US 3747197 A	24-07-1973	AUCUN	

EPO FORM P0465