(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** **3 076 233**

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **17 71447**

(51) Int Cl[8] : ***B 23 P 13/00*** *(2018.01), B 23 P 15/00, B 25 J 18/04*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 29.12.17.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 05.07.19 Bulletin 19/27.

(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) :** *LOIRETECH INGENIERIE Société par actions simplifiée* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** MORET MARC et VIALLE LAURE ALINE.

(73) **Titulaire(s) :** LOIRETECH INGENIERIE Société par actions simplifiée.

(74) **Mandataire(s) :** IPSIDE.

(54) PROCEDE ET DISPOSITIF POUR LA FABRICATION D'UNE COQUE DE FORME COMPLEXE.

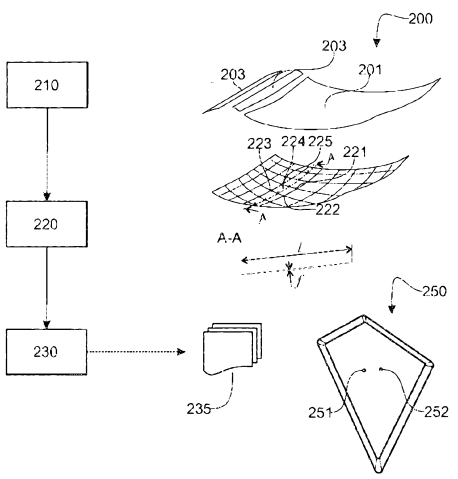
(57) Procédé pour la fabrication d'une coque comprenant une surface fonctionnelle, comprenant les étapes consistant à :

a. obtenir une définition numérique (200) de la surface fonctionnelle

b. discrétiser (220) toute ou partie de la surface fonctionnelle numérique obtenue à l'étape a) en une pluralité de mailles (225) dont le contour est contenu dans un plan en fonction d'une tolérance de forme (f) prédéfinie ;

c. réaliser des pavés (250) définis à partir des mailles (225) dans le matériau constituant la coque ;

d. assembler lesdits pavés (250) ainsi réalisés pour obtenir la surface ainsi discrétisée à l'étape b).



FR 3 076 233 - A1

L'invention concerne un procédé et un dispositif pour la fabrication d'une pièce de forme complexe. L'invention est plus particulièrement, mais non exclusivement destinée à la fabrication d'une pièce métallique de forme complexe de dimensions importantes, c'est-à-dire dont la surface fonctionnelle dépasse 1m² et pouvant atteindre plusieurs dizaine de m². Une pâle d'hélice de navire ou un outillage de formage ou de cuisson/consolidation d'un matériau métallique ou composite, ou plus généralement une coque tridimensionnelle, sont des exemples non limitatifs de telles pièces. Une telle pièce est dite de forme complexe lorsque sa surface fonctionnelle, c'est-à-dire l'intrados/extrados dans le cas d'une pâle d'hélice, où la forme de moulage ou de formage dans le cas d'un outillage, s'étend selon au moins deux rayons de courbure perpendiculaires, la surface étant alors qualifiée de non-développable. L'invention est cependant adaptée à la réalisation de pièces en simple courbure, développables, voire à la réalisation de pièces sans courbure.

Selon des techniques conventionnelles de telles pièces, le plus souvent unitaires, sont réalisées à partir d'une ou plusieurs ébauches de fonderie, assemblées et usinées. La mise au point du processus de fonderie afférent, dans le cas de telles pièces unitaires, est long, particulièrement lorsque le matériau constituant la pièce présente une coulabilité médiocre comme un acier INVAR®, utilisé pour les outillages de mise en oeuvre des matériaux composite. Les ébauches de fonderie présentent fréquemment des défauts de type retassure ou inclusion qui doivent être traités par des opérations manuelles notamment de ragréage et de rechargement. De plus, le procédé de fonderie impose des épaisseurs minimales qui ne sont justifiées que par la mise en oeuvre de ce procédé et la capacité de traiter les défauts sur les ébauches. À titre d'exemple, une fonderie INVAR® présente couramment une épaisseur de 50 mm (2 inches). Une telle épaisseur est un handicap pour un outillage destiné à être utilisé en autoclave, par l'inertie thermique que représente la masse de cet outillage. Finalement, le temps de réalisation d'une ébauche de fonderie dépasse couramment 10 semaines.

L'invention vise à résoudre les inconvénients de l'art antérieur et concerne à cette fin un procédé pour la fabrication d'une coque comprenant une surface fonctionnelle, comprenant les étapes consistant à :

a. obtenir une définition numérique de la surface fonctionnelle ;

b. discrétiser tout ou partie de la surface fonctionnelle numérique obtenue à l'étape a) en une pluralité de mailles dont le contour est contenu dans un plan en fonction d'une tolérance de forme prédéfinie ;

c. réaliser des pavés correspondant aux mailles ainsi définies dans le matériau constituant la coque ;

d. assembler lesdits pavés ainsi réalisés pour obtenir la surface ainsi discrétisée à l'étape b).

Ainsi le procédé objet de l'invention supprime l'étape de fonderie.

L'invention est avantageusement mise en oeuvre selon les modes de réalisation et les variantes exposés ci-après, lesquels sont à considérer individuellement ou selon toute combinaison techniquement opérante.

Avantageusement, les pavés sont de contour homothétique. Ainsi, la programmation de la découpe, de l'usinage et de l'assemblage des pavés sont simplifiés.

Selon un mode de réalisation particulier, les pavés sont des polygones hexagonaux. Ce mode de réalisation, permet la couverture la plus complète d'une surface de forme complexe à partir de pavés plans.

Avantageusement, les pavés sont assemblés par pointage et soudage. Ainsi la pièce obtenue est rigide et l'assemblage est facilement automatisé.

Selon un mode de réalisation avantageux, le procédé objet de l'invention comprend des étapes consistant à :

e. définir une dimension minimale admissible d'un pavé ;

f. lors de l'étape b), si la dimension minimale autorisée à l'étape e) ne permet pas d'atteindre la tolérance de forme visée :

fi. définir une position du pavé en surépaisseur ou en dépouille par rapport à la définition numérique de la surface fonctionnelle

fii. assembler le pavé concerné, dit pavé hors tolérance, selon la position définie à l'étape fi).

fiii. corriger la forme au niveau du pavé hors tolérance par formage, enlèvement ou ajout de matière de sorte à obtenir la zone concernée dans la tolérance de forme.

Ce mode de réalisation évite la manipulation de pavés de trop petite dimension

dans les zones comprenant des rayons de courbure serrés, tout en conservant les avantages du procédé objet de l'invention.

Selon des variantes de mise en oeuvre, l'étape fiii) est réalisée avant ou après l'étape d).

Selon le type de pièce réalisée, les pavés ont une épaisseur inférieure ou égale à 25 mm ou inférieure ou égale à 10 mm. Ainsi, le procédé objet de l'invention permet la réalisation de pièces plus légères ou nécessitant moins d'enlèvement de matière que les procédés mettant en oeuvre une étape de fonderie. Pour la réalisation d'un outillage destiné à la mise en oeuvre d'un matériau composiet, lesdits pavés sont avantageusement constitués d'un acier de type INVAR®.

Selon un mode de réalisation particulier du procédé objet de l'invention, l'étape d) comprend les étapes consistant à :

di. assembler les pavés bord à bord par pointage ;

dii. souder bord à bord les pavés assemblés à l'étape di).

Cet assemblage progressif des pavés permet de limiter des déformations de l'ébauche au cours des opérations d'assemblage.

Selon un mode de réalisation perfectionné, le procédé objet de l'invention comprend entre les étapes b) et c) des étapes consistant à :

g. simuler numériquement l'assemblage de l'étape d) et obtenir la distorsion de la surface par rapport à la surface théorique du fait des contraintes résiduelles introduites lors de l'assemblage ;

h. déterminer une surface corrigée à partir du résultat de l'étape g) ;

i. reprendre l'étape b) avec la surface corrigée obtenue à l'étape h).

Ainsi, la forme de l'ébauche obtenue à l'issue de l'opération d'assemblage est plus proche de la forme visée et la quantité d'usinage nécessaire à la finition est réduite.

Avantageusement, le procédé objet de l'invention comprend après l'étape d) une étape de traitement thermique de détensionnement et avantageusement, cette étape de détensionnement est prise en compte à l'étape g).

Selon un mode de mise en oeuvre particulier, le procédé objet de l'invention comprend des étapes consistant à :

j. définir une dimension maximale admissible pour un pavé ;

k. avant l'étape b), exclure de la discrétisation une portion de la surface fonctionnelle dont la forme est développable et dont la dimension est supérieure à la dimension maximale admissible d'un pavé ;

l. réaliser la portion ainsi exclue de la discrétisation par usinage, formage ou fabrication additive ;

m. assembler la portion réalisée à l'étape l) avec la portion réalisée à l'étape d).

Ainsi, les zones facilement réalisables par formage ou usinage de la pièce sont exclues de l'assemblage par pavage et la productivité est augmentée.

L'invention concerne également un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'un quelconque de ses modes de réalisation, dans lequel les pavés comprennent des moyens de positionnement, lequel dispositif comprend :

- un robot préhenseur et positionneur comprenant un effecteur apte à coopérer avec les moyens de positionnement des pavés ;
- un robot soudeur apte à pointer et souder un pavé maintenu en position par le robot préhenseur, avec un pavé assemblé précédemment.

Ainsi le procédé est automatisé.

L'invention est exposée ci-après selon ses modes de réalisation préférés, nullement limitatifs, et en référence aux figures 1à 5, dans lesquelles :

- la figure 1 représente selon une vue en perspective un exemple de pièce redevable du procédé objet de l'invention ;
- la figure 2 est un logigramme des différentes étapes de discrétisation de la surface et de la création du dossier de fabrication ;
- la figure 3 est un logigramme des étapes de discrétisation d'une surface présentant de faibles rayons de courbure ;
- la figure 4 représente, selon une vue schématique de face, un exemple de réalisation du dispositif objet de l'invention au cours de l'assemblage de pavés ;
- et la figure 5 est un logigramme d'un exemple de réalisation perfectionné du procédé objet de l'invention mettant en oeuvre une correction des déformations aux cours du processus d'assemblage.

Figure 1, selon un exemple de réalisation d'une pièce (100) redevable du

procédé objet de l'invention, ladite pièce comprend une portion (101) en double courbure, une portion (102) en simple courbure, et une portion (103) de raccordement en double courbure entre les deux portions (101, 102) précédentes. À titre d'exemple, cette pièce constitue la forme de moulage pour la cuisson d'une préforme en matériau composite en autoclave. La surface de ladite pièce est supérieure à 1 m². À cette fin, elle est par exemple assemblée sur un berceau de support (non représenté) afin de constituer un outillage et comprend des aménagements usinés (non représentés) notamment pour le tirage au vide de la préforme composite après son installation sur la forme et son ensachage. Ladite pièce (100) est par exemple constituée d'un alliage de fer et de nickel de type INVAR® afin que son coefficient de dilatation thermique soit comparable à celui de la pièce composite au cours des opérations de cuisson. Selon cet exemple de réalisation, la surface fonctionnelle est la surface moulante de la pièce et correspond sur cette figure aux surfaces dont la normale est dirigée dans le sens positif de l'axe y, sans que cet exemple ne soit limitatif.

Figure 2, afin de réaliser la pièce, le procédé objet de l'invention utilise une définition numérique (200) de la surface fonctionnelle.

Selon une première étape (210) de partition de la surface fonctionnelle, celle-ci est ici scindée en 3 parties (201, 202, 203) qui font l'objet chacune d'un traitement spécifique en fonction de leurs caractéristiques géométriques. Ainsi, au cours d'une étape de maillage (220) la partie (201) de la surface fonctionnelle en double courbure dont les rayons de courbure sont suffisants pour permettre un maillage selon des mailles de dimensions suffisantes, est maillée préférentiellement selon un motif homothétique, ici selon des mailles parallélépipédiques. Selon cette exemple de réalisation, utilisant un maillage polygonal, les mailles (225) sont jointives et s'étendent selon une pluralité de noeuds (221, 222, 223, 224) tous les noeuds d'une maille étant contenus dans un même plan, de même que les côtés du polygone s'étendant entre les noeuds. Les dimensions (l) de chaque maille sont définies en fonction d'une tolérance de flèche (f) par rapport au profil théorique de la surface, et une dimension minimale admissible de maille. À titre d'exemple la tolérance maximale admissible de flèche est comprise entre 1 mm et 5 mm, et les mailles ont une surface supérieure à 300 mm², préférentiellement supérieure à 600 mm². Selon

cet exemple de réalisation, la surface (201) fonctionnelle visée est entièrement maillée selon ces exigences. Les mailles utilisées sont préférentiellement des mailles triangulaires, parallélépipédiques ou hexagonales, et préférentiellement, une même forme de maille est utilisé pour toute la surface. Cependant, l'étape de maillage (220) ainsi que le procédé objet de l'invention ne sont pas limités à l'utilisation de mailles jointives et selon d'autres modes de mise en oeuvre, le maillage est réalisé par des mailles circulaires ou elliptiques. Dans ce cas, le maillage est réalisé en considérant, en plus de la tolérance de flèche et de la dimension minimale des mailles, un paramètre définissant l'ouverture maximale admissible entre les mailles. Au cours d'une étape (230) de définition du dossier de fabrication, la définition de chaque pavé constituant la surface est extraite du maillage réalisé à l'étape précédente dans un dossier (235). Ledit dossier comprend la définition géométrique de chaque pavé ainsi que ses coordonnées et son orientation dans un repère lié à la surface fonctionnelle. Chaque pavé (250) est défini par sa forme et ses dimensions et comprend avantageusement un chanfrein ou un double chanfrein inversé sur ses bords afin d'en faciliter la soudure. Avantageusement, chaque pavé comprend un forme de préhension et de positionnement par exemple sous la forme de deux perçage (251, 252) réalisés sur sa surface. Ces moyens de positionnement associés à la surface plane du pavé, permettent de matérialiser un repère local audit pavé et ainsi de le positionner et de l'orienter conformément au dossier de fabrication lors de la réalisation ultérieure de la pièce. Avantageusement, chaque pavé est associé à un index lequel est gravé sur ledit pavé ou rapporté sous la forme d'une étiquette à lecture optique, par exemple sous la forme d'un code barre ou d'un QR code. Dans ce cas, selon un exemple de réalisation, l'étiquette comprend, outre le numéro du pavé les informations relatives à son positionnement et son orientation.

À partir du dossier de fabrication (235), chaque pavé est réalisé par découpage et éventuellement usinage dans une plaque laminée d'INVAR® ou tout autre matériau constituant la pièce. Dans le cas de la réalisation d'un outillage, les pavés sont d'épaisseur uniforme et constante pour toute la surface, ladite épaisseur étant comprise préférentiellement entre 10 mm et 25 mm en fonction des dimensions de la surface et de la tolérance de flèche utilisée lors du maillage. Le découpage d'ébauche est par exemple réalisé par découpe laser ou au plasma. Le procédé de

découpe laser permet d'obtenir directement des pavés chanfreinés aux dimensions finales. Dans le cas de l'utilisation d'un autre procédé où si la précision de réalisation le requière, une finition des pavés est réalisée par fraisage à commande numérique. Pour d'autres exemples de mise en oeuvre, par exemple pour la réalisation d'une pâle d'hélice l'épaisseur des pavés est variable en fonction de leur position et d'une tolérance d'écart de forme par rapport à la surface théorique.

Figure 3, selon cet exemple de réalisation, au moins un des rayons de courbure de la surface de raccordement (203) est trop faible pour pouvoir être approximé par une discrétisation en mailles d'une dimension supérieure à la dimension minimale admissible, par exemple 300 mm², tout en respectant la tolérance de flèche. Selon cet exemple, au cours d'une étape (320) de maillage alternatif, les mailles (325) sont définies selon la corde de la surface théorique comme le montre la vue suivant B, et de sorte à se raccorder avec les mailles de la surface (201) concomitante. Au cours d'une étape (330) de génération du dossier de fabrication, les pavés correspondant aux mailles (325) ainsi définies, sont définis en termes de dimensions, de forme, de positionnement et d'orientation, de manière similaire aux pavés de la première surface (201). Ceux-ci sont alors réalisés de manière également similaire. Selon cet exemple ces mailles (325) produisant des pavés en dehors de la tolérance de flèche, conduisent à la réalisation de pavés en dépouille par rapport à la surface finale et la forme correspondante doit être obtenue en ajoutant de la matière sur lesdits pavés. Selon un mode de réalisation alternatif ou combiné avec le précédent, lesdits pavés sont réalisés en surépaisseur par rapport à la forme finale de la surface, laquelle forme finale est obtenue par enlèvement de matière sur lesdits pavés.

En revenant à la figure 1, selon cet exemple de réalisation, la portion (102) de la pièce en simple courbure et développable est obtenue par roulage, à chaud ou à froid selon l'épaisseur, d'une tôle en INVAR®.

Figure 4, les pavés étant réalisés ceux-ci sont assemblés afin de réaliser les deux surfaces obtenues par ce mode de réalisation, à savoir, selon cet exemple de réalisation, la surface moulante en double courbure (101 figure 1) et la surface de raccordement (103 figure 1). À cette fin, selon un exemple de réalisation, un premier pavé (451) dit pavé de départ est fixé sur un positionneur (413). Selon des variantes de réalisation, le positionneur (413) est un simple support ou un dispositif à

commande numérique comprenant 1 à 3 axes pilotés de sorte à assurer l'orientation de la pièce au cours de l'assemblage des pavés. Un robot (411) préhenseur et positionneur saisi un pavé (452) immédiatement en contact avec le pavé de départ. À cette fn, ledit robot préhenseur (411) comprend un effecteur apte à coopérer avec les moyens de positionnement du pavé, par exemple sous la forme d'un effecteur magnétique , ou comprenant un ventouse, et deux ergots aptes à s'insérer dans les trous (251, 252, figure 2) de positionnement réalisés sur le pavé. Chaque pavé est associé à une position et une orientation dans le dossier de fabrication et le robot préhenseur (411) positionne le pavé (452) de cette manière. Ledit robot préhenseur sélectionne le pavé à être assemblé en fonction du dossier de fabrication, et selon des exemples non limitatifs de mise en oeuvre, reconnaît celui-ci à partir de l'étiquette attachée au pavé, ou par vision et reconnaissance de forme. Le pavé (452) étant maintenu dans sa position par le robot préhenseur (411), relativement au(x) pavé(s) posé(s) précédemment, un robot soudeur (412) assemble ledit pavé (452) aux pavés (451) déjà posés. Selon une première variante de réalisation, l'assemblage du pavé aux autres pavés déjà posés est réalisé, par un soudage, par exemple un soudage TIG, MIG ou MAG selon le matériau constituant les pavés, par un cordon complet le long des bords du pavé en vis-à-vis des bords des autres pavés. Selon une deuxième variante, un premier assemblage est réalisé par pointage, et un assemblage définitif, par soudage des bords est réalisé une fois l'ensemble des pavés assemblés. Selon d'autres exemples de mise en oeuvre, des combinaisons de ces deux variantes sont possibles, en pointant et soudant une première zone de la pièce, puis en assemblant par pointage et soudage une deuxième zone de la pièce etc...Les opérations sont répétées jusqu'à l'obtention des ébauches, assemblées, des deux surfaces. Selon un mode de réalisation, un raidisseur est soudé à la surface au cours de ces mêmes opérations.

Selon cet exemple de réalisation, la portion (102 figure 1) de la pièce en simple courbure obtenue par formage est soudée à l'ébauche des surfaces obtenues par pavage, de sorte à obtenir une ébauche complète de la pièce, qui est installée et fixée sur un berceau de support.

La portion de raccordement (103 figure 1) est obtenue en déposant une couche de matière, par fabrication additive sur les pavés positionnés en corde par rapport à

la surface théorique. Selon des exemples de réalisation, le procédé de fabrication additive utilise une projection de poudre en fusion ou la fusion d'un fil de matière adaptée. Selon cet exemple de mise en oeuvre, la couche de matière est déposée par fabrication additive alors que l'ébauche de la pièce est déjà assemblée. Alternativement, les pavés de la zone de raccordement, reçoivent une couche de fabrication additive lors de leur fabrication et avant leur assemblage par soudage dans l'ébauche. Selon encore une autre variante, lesdits pavés font l'objet d'un formage avant leur assemblage par soudage dans l'ébauche, afin de les approcher de la courbure de la pièce finale. Ces différentes variantes sont combinables.

La surface fonctionnelle est ensuite usinée par enlèvement de matière à sa forme finale. La surépaisseur de matière enlevée lors de cette opération d'usinage est fonction de la tolérance de flèche utilisée pour la construction de la surface et des éventuelles déformations de l'ébauche au cours des opérations de soudage. Elle reste dans tous les cas très inférieure à la quantité d'usinage requise pour la finition d'une pièce moulée. Pour limiter cette quantité de matière, l'ébauche subit avantageusement un traitement thermique de détensionnement avant de procéder aux opérations d'usinage de finition. En pratique, dans la mesure où chaque pavé assemblé comprend au moins un bord libre et le plus souvent au moins deux bords libres lors de son assemblage, le procédé objet de l'invention introduit peu de contraintes d'origine thermique lors de l'assemblage et la déformation de la pièce reste dans des tolérances comparables aux tolérances de flèche. Pour limiter les déformations en cours d'assemblage, selon un mode de réalisation particulier, les soudures sont réalisées alternativement sur chacune des faces de la forme, par exemple en retournant la forme au moyen du positionneur (413). Avantageusement le dispositif objet de l'invention comprend un moyen de mesure (non représenté) de la forme de l'ébauche au cours de l'assemblage. La forme mesurée est alors comparée régulièrement à la forme théorique et le positionnement des pavés assemblés ultérieurement est légèrement modifié de sorte à compenser d'éventuels écarts.

Afin de limiter encore les opérations d'usinage de finition, en termes de volume de matière enlevée, selon un mode de réalisation, le procédé objet de l'invention comprend une simulation numérique du procédé d'assemblage et le calcul d'une

surface corrigée. Ainsi, figure 5, après l'étape de maillage (220) où la surface est discrétisée en pavés, et la création (230) du dossier de fabrication, ledit dossier de fabrication (235) est adressé à un module (510) de simulation de fabrication, qui en fonction des caractéristiques des pavés, des caractéristiques des moyens de soudage et de la gamme d'assemblage, calcule la forme de l'ébauche obtenue à la suite de l'opération d'assemblage des pavé et l'écart entre cette forme et la forme théorique de la surface, sur un nombre de points définis de cette surface. Selon des exemples de réalisation, ledit module (510) prend en compte ou non l'éventuel traitement de détensionnement. Un module de correction (520) calcule à partir de ce résultat, une forme de surface corrigée, en déplaçant les points de la surface théorique initiale d'une distance égale à l'opposé de l'écart calculé. Cette nouvelle surface théorique est utilisée pour réaliser un nouveau maillage et générer un nouveau dossier de fabrication. Selon un exemple de réalisation, le processus est itératif et répété jusqu'à l'obtention d'un écart maximum admissible de la surface de l'ébauche par rapport à la surface théorique initiale.

La description ci-avant et les exemples de réalisation, montrent que l'invention atteint le but visé, et permet de réaliser une pièce en coque de forme complexe, notamment à destination d'un outillage, sans opération de fonderie tout en limitant considérablement les opérations d'usinage. Le procédé et le dispositif objets de l'invention sont utilisables pour remplacer d'autres procédés d'ébauche de telles formes comme un usinage dans la masse ou des ébauches obtenues par formage. Le procédé objet de l'invention n'est pas limité à un assemblage par soudage, et d'autres modes d'assemblage tels que collage, boulonnage ou rivetage sont utilisables pour assembler les pavés selon l'application finale visée et les matériaux mis en oeuvre.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour la fabrication d'une coque (100) comprenant une surface fonctionnelle, comprenant les étapes consistant à :

a. obtenir une définition numérique (200) de la surface fonctionnelle

b. discrétiser (220) toute ou partie de la surface fonctionnelle numérique obtenue à l'étape a) en une pluralité de mailles (225, 325) dont le contour est contenu dans un plan en fonction d'une tolérance de forme (*f*) prédéfinie ;

c. réaliser des pavés (250, 451, 452) définis à partir des mailles (225, 325) dans le matériau constituant la coque ;

d. assembler lesdits pavés (250, 451, 452) ainsi réalisés pour obtenir la surface ainsi discrétisée à l'étape b).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les pavés (250, 451, 452) sont de contour homothétique.

3. Procédé selon la revendication 2, dans laquelle les pavés sont des polygones hexagonaux.

4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les pavés sont assemblés par pointage et soudage.

5. Procédé selon la revendication 1, comprenant les étapes consistant à :

e. définir une dimension minimale admissible d'un pavé ;

f. lors de l'étape b), si la dimension minimale autorisée à l'étape e) ne permet pas d'atteindre la tolérance de forme visée :

fi. définir une position de la maille (325) en surépaisseur ou en dépouille par rapport à la définition numérique de la surface fonctionnelle

fii. assembler le pavé associé, dit pavé hors tolérance, selon la position définie à l'étape fi).

fiii. corriger la forme au niveau du pavé hors tolérance par

formage, enlèvement ou ajout de matière de sorte à obtenir la zone concernée dans la tolérance de forme.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel étape fiii) est réalisée avant l'étape d).

7. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'étape fiii) est réalisée après l'étape d).

8. Procédé selon la revendication 1, dans lequel un pavé (250, 451 ,452) est constitué d'un acier INVAR®, d'une épaisseur inférieure ou égale à 25 mm.

9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel un pavé est d'une épaisseur inférieure ou égale à 10 mm.

10. Procédé selon la revendication 1, dans lequel l'étape d) comprend les étapes consistant à :

di. assembler les pavés (451, 452) bord à bord par pointage ;

dii. souder bord à bord les pavés assemblés à l'étape di).

11. Procédé selon la revendication 4, comprenant entre les étapes b) et c) les étapes consistant à :

g. simuler (510) numériquement l'assemblage de l'étape d) et obtenir la distorsion de la surface par rapport à la surface théorique du fait des contraintes résiduelles introduites lors de l'assemblage ;

h. déterminer (520) une surface corrigée à partir du résultat de l'étape g) ;

i. reprendre l'étape b) avec la surface corrigée obtenue à l'étape h).

12. Procédé selon la revendication 4, comprenant après l'étape d) une étape de traitement thermique de détensionnement.

13. Procédé selon les revendications 11 et 12, dans lequel l'étape de

détensionnement est prise en compte à l'étape g).

14. Procédé selon la revendication 2, comprenant les étapes consistant à :

j. définir une dimension maximale admissible pour un pavé ;

k. avant l'étape b), exclure de la discrétisation une portion (102) de la surface fonctionnelle dont la forme est développable et dont la dimension est supérieure à la dimension maximale admissible d'un pavé ;

l. réaliser la portion (102) ainsi exclue de la discrétisation par usinage, formage ou fabrication additive ;

m. assembler la portion réalisée à l'étape l) avec la portion (101, 102) réalisée à l'étape d).

15. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 1, dans lequel les pavés comprennent des moyens de positionnement (251, 252), caractérisé en ce qu'il comprend :

- un robot (411) préhenseur et positionneur comprenant un effecteur apte à coopérer avec les moyens de positionnement des pavés ;
- un robot (412) soudeur apte à pointer et souder un pavé maintenu en position par le robot préhenseur (411), avec un pavé assemblé précédemment.

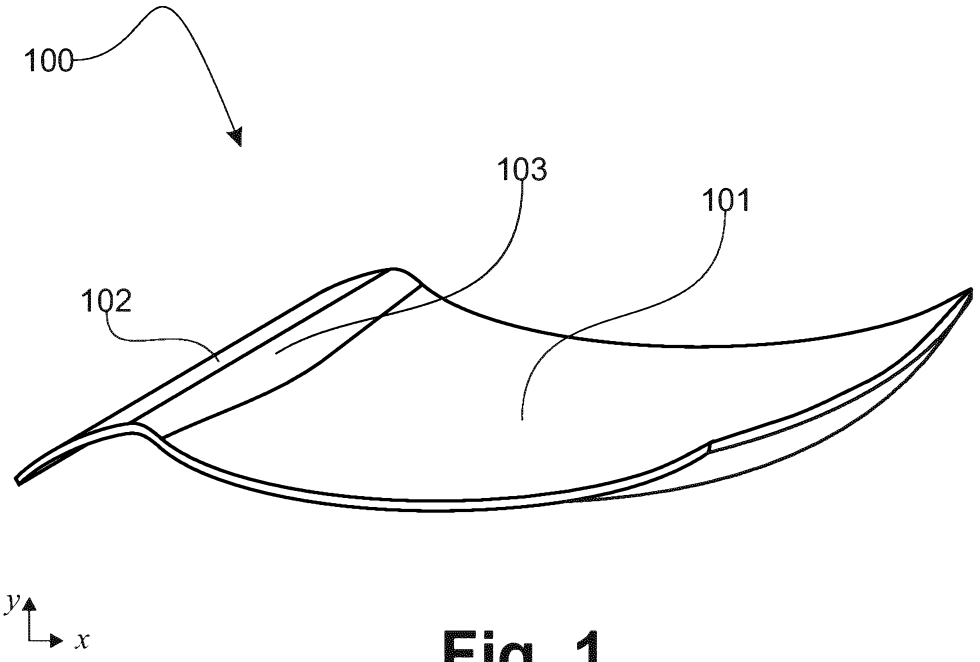

100
103
101
102
y
x

Fig. 1

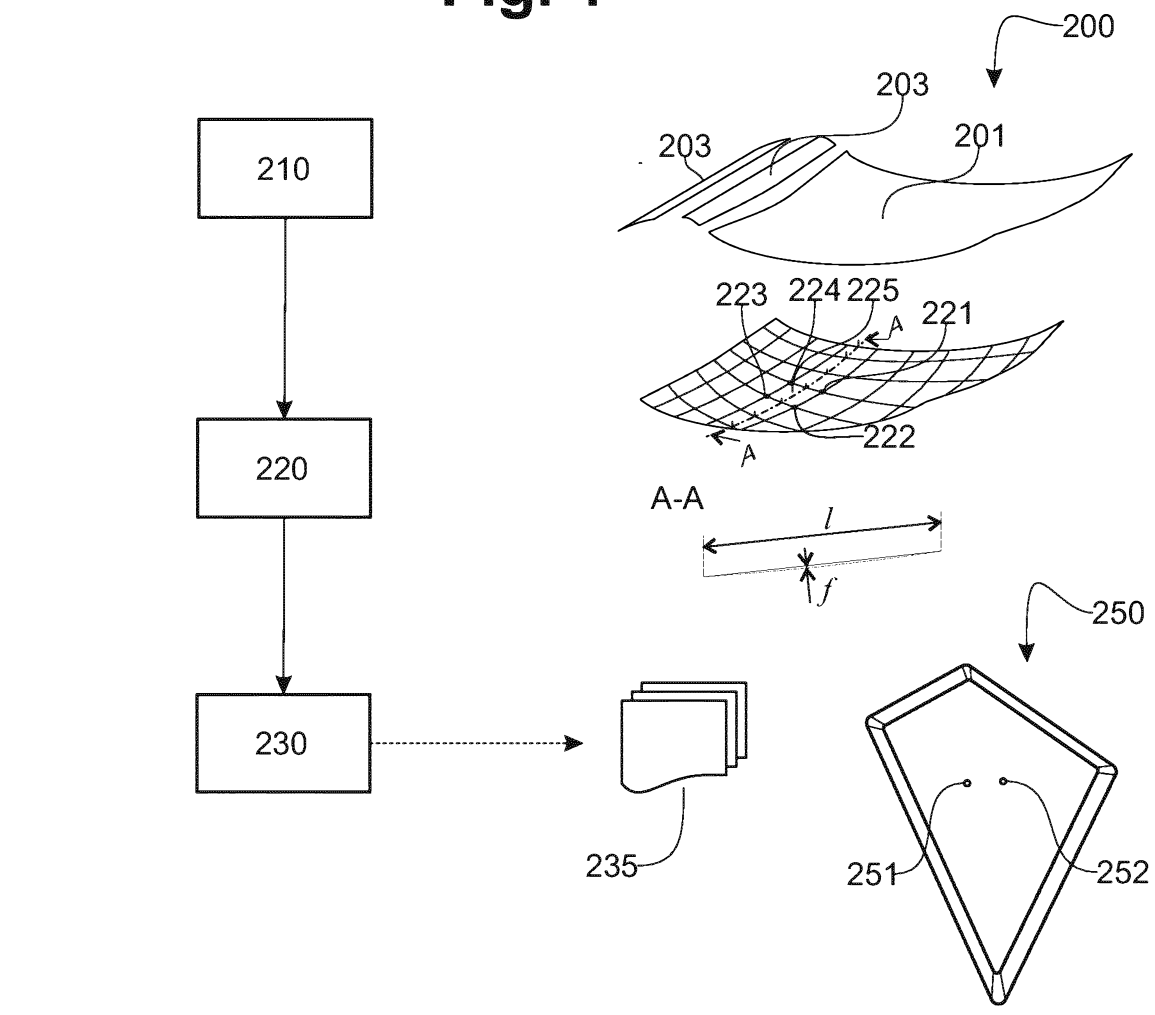

210
220
230
200
203
203
201
223
224
225
A
221
222
A
A-A
l
f
250
235
251
252

Fig. 2

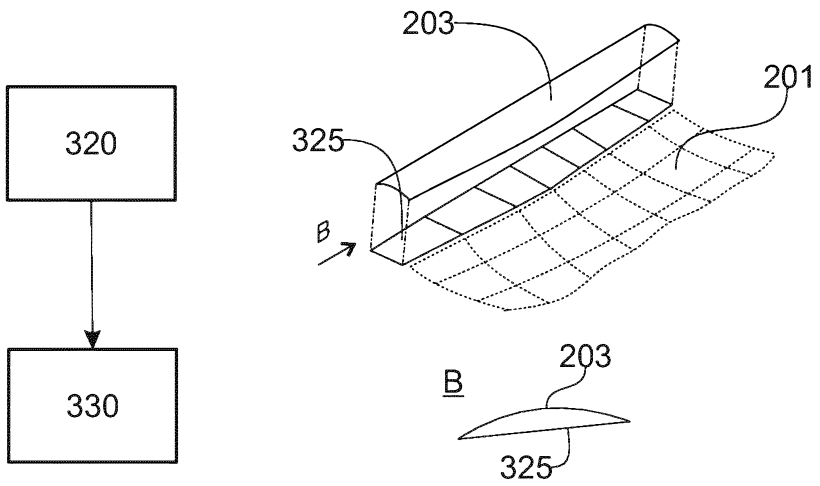


Fig. 3

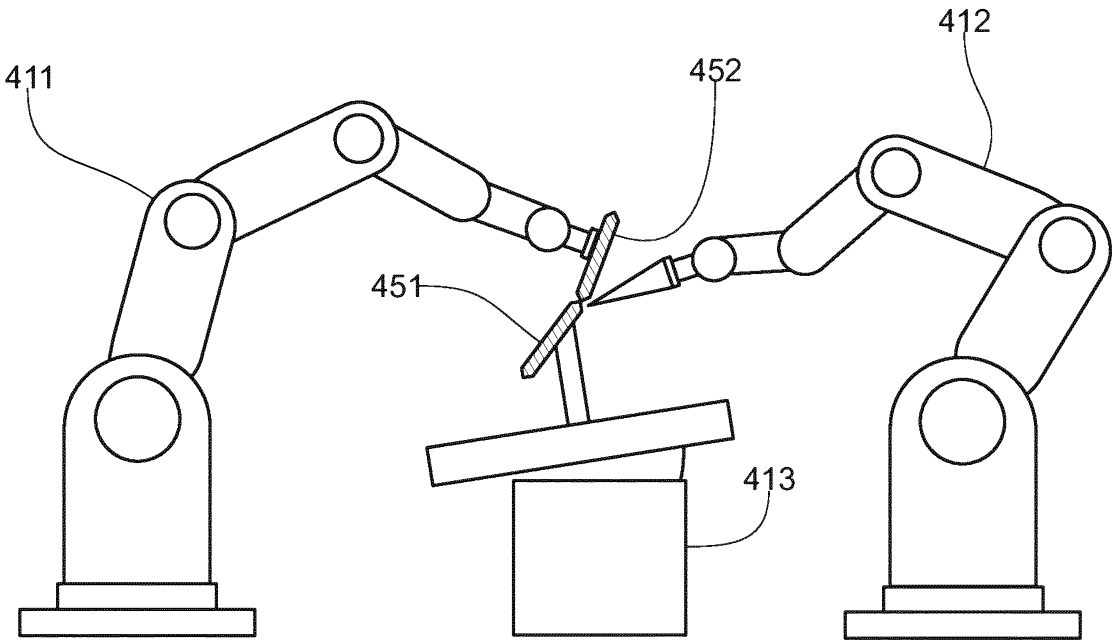


Fig. 4

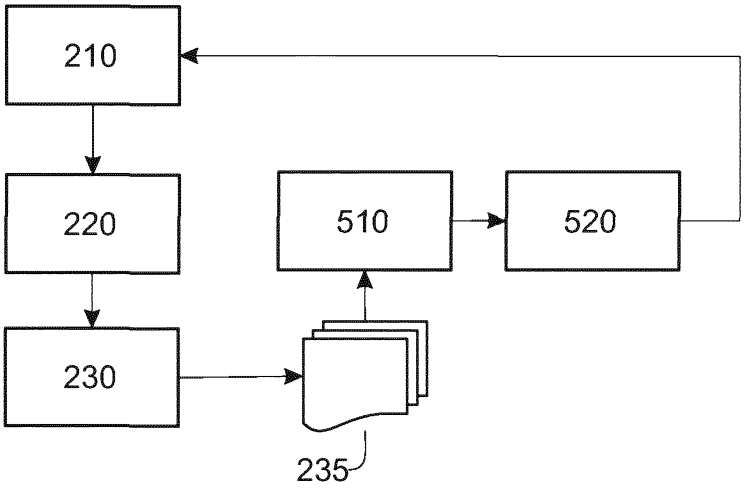


Fig. 5

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 851131
FR 1771447

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 Y	US 2013/266770 A1 (OTTO HANS [DE] ET AL) 10 octobre 2013 (2013-10-10) * alinéas [0026], [0031], [0052], [0055], [0058]; figures 3-7 *	1-3,5,6, 14 7-9,11, 15	B23P13/00 B23P15/00 B25J18/04
X	US 2017/167833 A1 (JENNETT GASTON P [US] ET AL) 15 juin 2017 (2017-06-15) * alinéas [0006], [0007], [0027], [0031], [0034]; figure 1 *	1-4,10, 12,13	
X	US 2 457 118 A (BOARDMAN HARRY C) 28 décembre 1948 (1948-12-28) * figures 1,4 * * colonne 1, lignes 18-21,46-55 *	1,2,4, 10,12,14	
X	US 3 414 153 A (LEROUX RENE P) 3 décembre 1968 (1968-12-03) * colonne 2, lignes 3-17 * * page 2, ligne 63 - page 3, ligne 4 * * page 3, lignes 18-29 *	1-4,10, 12	
X	WO 02/092928 A1 (ZORNES DAVID [US]) 21 novembre 2002 (2002-11-21) * figures 5,22,24-27 * * page 9, lignes 19-24 * * page 16, lignes 3-25 * * page 20, lignes 4-21 * * page 45, lignes 17-20 *	1-3,14	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) B23P B25J G05B G06F B32B E04B B29K
Y	US 2017/144370 A1 (MOORE STEVEN R [US] ET AL) 25 mai 2017 (2017-05-25) * alinéas [0022], [0039] - [0040], [0049]; figure 1 *	15	

-/--

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
19 septembre 2018	Sérgio de Jesus, E

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

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

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 851131
FR 1771447

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		
Y	WO 2012/117202 A1 (SNECMA [FR]; GODON THIERRY [FR]; DAMBRINE BRUNO JACQUES GERARD [FR]; P) 7 septembre 2012 (2012-09-07) * page 22, lignes 16-26 * -----	7,11	
Y	US 2006/231682 A1 (SARH BRANKO [US]) 19 octobre 2006 (2006-10-19) * alinéas [0044], [0057] * -----	8,9	
A	FR 3 038 538 A1 (AIRBUS HELICOPTERS [FR]) 13 janvier 2017 (2017-01-13) * figure 1 * -----	15	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
19 septembre 2018	Sérgio de Jesus, E

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

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1771447 FA 851131

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 19-09-2018
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2013266770 A1	10-10-2013	DE 102012205633 A1	10-10-2013
		US 2013266770 A1	10-10-2013
US 2017167833 A1	15-06-2017	EP 3387365 A1	17-10-2018
		US 2017167833 A1	15-06-2017
		WO 2017099847 A1	15-06-2017
US 2457118 A	28-12-1948	AUCUN	
US 3414153 A	03-12-1968	DE 1684802 A1	14-10-1971
		FR 90619 E	19-01-1968
		FR 1463859 A	22-07-1966
		GB 1157522 A	09-07-1969
		US 3414153 A	03-12-1968
WO 02092928 A1	21-11-2002	AUCUN	
US 2017144370 A1	25-05-2017	JP 2017094395 A	01-06-2017
		US 2017144370 A1	25-05-2017
WO 2012117202 A1	07-09-2012	AUCUN	
US 2006231682 A1	19-10-2006	CA 2604079 A1	26-10-2006
		CA 2843080 A1	26-10-2006
		CA 2857925 A1	26-10-2006
		EP 1874621 A2	09-01-2008
		EP 2177435 A1	21-04-2010
		ES 2388131 T3	09-10-2012
		US 2006231682 A1	19-10-2006
		US 2008149768 A1	26-06-2008
		US 2008237442 A1	02-10-2008
		WO 2006113041 A2	26-10-2006
FR 3038538 A1	13-01-2017	AUCUN	

EPO FORM P0465