



(11) **EP 1 260 293 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention  
de la délivrance du brevet:  
**17.01.2007 Bulletin 2007/03**

(51) Int Cl.:  
**B22D 19/14 (2006.01) B22D 19/04 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **02291102.8**

(22) Date de dépôt: **02.05.2002**

(54) **Procédé de fabrication d'une structure tube-plaque en matériau composite à matrice métallique**

Verfahren zur Herstellung einer Metall-Matrix-Composite Rohr-Platte Anordnung

Process for fabricating a tube-sheet structure made of metal matrix composite material

(84) Etats contractants désignés:  
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR**

(30) Priorité: **25.05.2001 FR 0106882**

(43) Date de publication de la demande:  
**27.11.2002 Bulletin 2002/48**

(73) Titulaire: **ALCATEL  
75008 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Lutz-Nivet, Martine  
06210 Mandelieu (FR)**

• **Pommatau, Gilles  
06210 Mandelieu (FR)**  
• **Giraud, Dominique  
83440 Callian (FR)**

(74) Mandataire: **Smith, Bradford Lee et al  
COMPAGNIE FINANCIERE ALCATEL  
Département Propriété Industrielle  
54, rue La Boétie  
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 0 513 685 EP-A- 0 610 020  
EP-A- 0 882 534 US-A- 4 671 336  
US-A- 6 048 432 US-B1- 6 216 763**

**EP 1 260 293 B1**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

## Description

### Domaine technique

[0001] L'invention concerne un procédé de fabrication d'une structure comprenant au moins un tube et au moins une plaque en matériau composite à matrice métallique, assemblés l'un à l'autre.

[0002] Un tel procédé peut notamment être utilisé pour la fabrication de structures destinées à l'industrie spatiale, telles que des structures en treillis servant de support à des instruments optiques embarqués de type télescopes spatiaux, ou autres.

### Art antérieur

[0003] Lorsque des instruments optiques sont embarqués sur des engins spatiaux tels que des télescopes spatiaux, ces instruments sont généralement montés sur des structures en treillis.

[0004] Les structures en treillis comprennent habituellement une ou plusieurs plaques parallèles entre elles et une pluralité de tubes reliant ces plaques selon des directions différentes, de façon à assurer à l'ensemble une grande stabilité dimensionnelle.

[0005] En plus de ces exigences de stabilité, les tubes et les plaques qui constituent les structures en treillis supportant les instruments optiques qui équipent engins spatiaux doivent présenter des caractéristiques mécaniques adaptées, ainsi qu'une masse aussi réduite que possible. Cela conduit fréquemment les concepteurs de ces engins spatiaux à utiliser des matériaux composites à matrices métalliques pour réaliser les tubes et les plaques des structures en treillis.

[0006] De façon plus précise, les tubes et les plaques sont habituellement réalisés séparément, par injection d'un alliage métallique dans un moule contenant une préforme de fibres tissées. Les tubes et les plaques sont ensuite assemblés selon différentes techniques telles que le collage, le vissage ou le brasage.

[0007] Cependant, ces différentes techniques d'assemblage présentent toutes des inconvénients notables.

[0008] Ainsi, lorsque les tubes et les plaques sont assemblées par collage, le matériau différent ainsi introduit entre les pièces constitue une source d'instabilité thermomécanique, notamment du fait de la faible raideur et de l'hygrométrie de la colle. En outre, ce type d'assemblage entraîne des difficultés de mise en oeuvre liées par exemple à la nécessité d'un traitement de surface et au temps de polymérisation de la colle.

[0009] Dans le cas où les tubes et les plaques sont assemblés par vissage, on introduit également de l'instabilité mécanique du fait des frottements et des micro glissements qui se produisent entre les pièces. De surcroît, l'ajout de vis et de rondelles se traduit par une augmentation de la masse globale de la structure, indésirable dans le domaine spatial.

[0010] Enfin, lorsque les tubes et les plaques sont as-

semblés par brasage, on rencontre des difficultés de mise en oeuvre en raison des géométries respectivement cylindrique et plane des pièces à assembler.

[0011] Comme l'illustre le document EP-A-0 610 020, il est connu d'assembler deux tubes d'acier selon une configuration en T en formant, par moulage, une coquille en aluminium ou en alliage d'aluminium autour de la zone de jonction entre les deux tubes

### Exposé de l'invention

[0012] L'invention a précisément pour objet un procédé de fabrication d'une structure comprenant au moins un tube et au moins une plaque en matériau composite à matrice métallique, ne présentant pas les inconvénients des procédés existants et permettant notamment de ne pas introduire d'instabilité thermomécanique à la jonction entre le tube et la plaque.

[0013] Conformément à l'invention, ce résultat est obtenu au moyen d'un procédé de fabrication d'une structure comprenant au moins un tube et au moins une plaque en matériau composite à matrice métallique reliés l'un à l'autre, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes successives suivantes :

- dans une cavité d'un moule unique, mise en place d'une première préforme fibreuse ayant sensiblement la forme du tube, d'une deuxième préforme fibreuse ayant sensiblement la forme de la plaque et d'une troisième préforme fibreuse entourant une extrémité de la première préforme fibreuse adjacente à la deuxième préforme fibreuse ;
- injection d'un métal ou d'un alliage métallique dans la cavité du moule.

[0014] La mise en oeuvre de ce procédé permet de s'affranchir des interfaces entre les tubes et les plaques, communes à toutes les techniques de l'art antérieur. On préserve ainsi la stabilité thermomécanique de la structure. En outre, on réalise un gain de masse par rapport à la technique d'assemblage par vissage ainsi qu'une simplification de la mise en oeuvre par rapport à la technique d'assemblage par collage. De plus, la fabrication de plusieurs pièces identiques à partir d'un même moule se traduit par une diminution du coût.

[0015] Dans le cas le plus courant où le tube est creux, on place également dans le moule, à l'intérieur de la première préforme fibreuse, un mandrin de forme complémentaire de l'intérieur du tube.

[0016] Selon un mode de réalisation préféré de l'invention, on réalise la troisième préforme fibreuse sous la forme de deux demi coquilles dont chacune a la forme d'une demi couronne.

[0017] Avantagusement, on injecte le métal ou l'alliage métallique dans la cavité du moule sensiblement selon un axe longitudinal de la première préforme fibreuse, sur une face de la deuxième préforme fibreuse opposée à la première préforme fibreuse.

**[0018]** En outre, on réalise de préférence les première, deuxième et troisième préformes fibreuses par drapage, de façon telle que certaines des fibres de chacune des préformes fibreuses soient sensiblement alignées lorsque les préformes sont placées dans le moule.

### Brève description des dessins

**[0019]** On décrira à présent, à titre d'exemple illustratif et non limitatif, un mode de réalisation préféré de l'invention, en se référant aux dessins annexés, dans lesquels la figure unique représente schématiquement, en coupe partielle, un moule destiné à la fabrication d'une structure comprenant un tube et une plaque par le procédé de l'invention, ainsi que les préformes fibreuses et le mandrin utilisés pour la mise en oeuvre de ce procédé.

### Description détaillée d'un mode de réalisation préféré de l'invention

**[0020]** Le mode de réalisation illustré à titre d'exemple sur la figure unique concerne la fabrication d'une structure en matériau composite à matrice métallique comprenant un seul tube creux et une seule plaque. Toutefois, l'invention n'est pas limitée à la fabrication de ce type de structure mais concerne, de façon générale, la fabrication de toute structure en matériau composite à matrice métallique comprenant un ou plusieurs tubes et une ou plusieurs plaques assemblés entre eux. De plus, l'invention peut être utilisée aussi bien lorsque les tubes sont creux, comme c'est généralement le cas, que lorsque les tubes sont pleins, c'est-à-dire lorsqu'ils sont remplacés par des tiges.

**[0021]** Conformément à l'invention, le tube et la plaque de la structure à fabriquer sont réalisés d'un seul tenant, par moulage, en incorporant à la structure une pièce de renfort annulaire qui entoure la partie du tube adjacente à la plaque et forme également une seule pièce avec la structure.

**[0022]** Dans le mode de réalisation représenté, la structure en matériau composite à matrice métallique est fabriquée dans un moule unique 10 formé de deux parties 12 et 14. Pour l'essentiel, la première partie 12 du moule 10 assure la fabrication du tube et la deuxième partie 14 assure la fabrication de la plaque.

**[0023]** Le moule 10 délimite intérieurement une cavité 16 dont une première portion 18 est formée dans la partie 12 du moule et dont une deuxième portion 20 est formée dans la partie 14 du moule.

**[0024]** La première portion 18 de la cavité 16 présente une forme complémentaire de la forme extérieure du tube que l'on désire fabriquer. En d'autres termes, la portion de cavité 18 a la forme d'un évidement cylindrique dont le diamètre est égal au diamètre extérieur du tube et dont la longueur est égale à la longueur de la partie du tube située à l'extérieur de la pièce de renfort annulaire entourant le tube dans sa zone de jonction avec la plaque.

**[0025]** La deuxième portion 20 de la cavité 16 présente

une forme complémentaire de la forme extérieure de la plaque que l'on désire fabriquer et de la pièce de renfort annulaire qui entoure le tube dans sa zone de jonction avec la plaque. Le plan de joint 22 entre les deux portions 18 et 20 de la cavité 16 se trouve ainsi localisé au niveau de la face de la pièce de renfort annulaire opposée à la plaque.

**[0026]** Conformément à l'invention, on place à l'intérieur de la cavité 16 du moule une première préforme fibreuse 24 qui a sensiblement la forme du tube à fabriquer, une deuxième préforme fibreuse 26 qui a sensiblement la forme de la plaque à fabriquer et une troisième préforme fibreuse 28 qui a sensiblement la forme de la pièce de renfort annulaire entourant le tube dans sa zone adjacente à la plaque.

**[0027]** De façon plus précise, la première préforme fibreuse 24 est placée dans la portion de cavité 18 et fait saillie par l'une de ses extrémités dans la deuxième portion de cavité 20. La deuxième préforme fibreuse 26 est placée dans la deuxième portion de cavité 20 de telle sorte que l'extrémité précitée de la première préforme fibreuse 24 soit en appui contre elle. Enfin, la troisième préforme fibreuse 28 est également placée dans la deuxième portion de cavité 20, autour de la partie en saillie de la première préforme fibreuse 24 et en appui contre la deuxième préforme fibreuse 26.

**[0028]** Pour faciliter la mise en oeuvre, la troisième préforme fibreuse 28 est réalisée de préférence sous la forme de deux demi coquilles dont chacune a la forme d'une demi couronne.

**[0029]** Chacune des préformes fibreuses 24, 26 et 28 est constituée de fibres longues dont la nature et l'orientation sont choisies selon les caractéristiques mécaniques désirées pour la structure à fabriquer. Ces choix sont effectués par l'homme du métier par la simple mise en oeuvre de ses connaissances habituelles. Il ne fait donc pas partie de l'invention.

**[0030]** Cependant, afin d'améliorer la tenue mécanique de la pièce obtenue par le procédé selon l'invention, les orientations des fibres dans les différentes préformes 24, 26 et 28 sont avantageusement déterminées afin que certaines des fibres de chacune des préformes soient sensiblement alignées d'une préforme à l'autre lorsque toutes les préformes sont placées dans la cavité 16 du moule 10.

**[0031]** Dans chacune des préformes 24, 26 et 28, les fibres sont assemblées les unes aux autres par tout moyen approprié. Une technique d'assemblage consiste notamment à draper les unes sur les autres un certain nombre de tissus secs réalisés dans les fibres désirées, à lier les tissus entre eux, par exemple par couture, puis à compacter la préforme ainsi obtenue, afin d'obtenir le taux de fibres désiré.

**[0032]** Dans le mode de réalisation représenté, qui concerne la fabrication d'un tube creux, on place également dans le moule, à l'intérieur de la première préforme fibreuse 24, un mandrin 30 présentant une forme complémentaire de l'intérieur du tube à fabriquer

**[0033]** Lors de l'étape suivante, on injecte dans la cavité 16 du moule 10 un métal ou un alliage métallique choisi par l'homme du métier afin d'obtenir les caractéristiques désirées pour la structure en cours de fabrication. Ce choix résulte de la simple mise en oeuvre des connaissances habituelles de l'homme du métier. Il ne fait pas partie de l'invention.

**[0034]** Comme on l'a représenté schématiquement par une flèche F sur la figure unique, le métal ou l'alliage métallique est injecté dans la cavité 16 par un orifice 32 formé dans la partie 14 du moule 10. De façon plus précise, l'orifice 32 débouche dans la portion de cavité 20, selon l'axe longitudinal commun à la portion de cavité 18 et à la première préforme fibreuse 24, sur une face de la deuxième préforme fibreuse 26 opposée à la première préforme fibreuse 24 et à la portion de cavité 18.

**[0035]** Les paramètres d'injection (température, pression, etc.) sont déterminés par l'homme du métier en tenant compte notamment de l'inertie thermique et de la géométrie de la structure. Ces données relèvent de la simple mise en oeuvre de ses connaissances habituelles. Elles ne font donc pas partie de l'invention.

**[0036]** Lorsque l'injection du métal ou de l'alliage métallique est terminée et lorsque la structure est solidifiée, on procède à l'ouverture du moule 10.

**[0037]** Conformément à l'invention, la structure extraite du moule est une pièce monolithique qui intègre sans discontinuité le tube, la plaque et la pièce de renfort. En particulier, il n'existe pas d'interface entre des matériaux différents, contrairement aux structures comparables de l'art antérieur. Une grande stabilité thermomécanique est donc assurée.

**[0038]** De surcroît, la structure obtenue présente une masse plus faible que les structures de l'art antérieur dans lesquelles le tube et la plaque sont assemblés par vissage.

**[0039]** En outre, la fabrication de la structure est assurée par une simple opération de moulage, c'est-à-dire que la mise en oeuvre du procédé selon l'invention est sensiblement plus simple que celle des procédés de l'art antérieur selon lesquels le tube et la plaque sont assemblés par collage ou par soudage.

**[0040]** Bien entendu, lorsque la structure à fabriquer comprend plusieurs tubes et/ou plusieurs plaques, le moule et les renforts fibreux sont modifiés en conséquence.

## Revendications

1. Procédé de fabrication d'une structure comprenant au moins un tube et au moins une plaque en matériau composite à matrice métallique reliés l'un à l'autre, **caractérisé en ce qu'il** comprend les étapes successives suivantes:

- dans une cavité (16) d'un moule unique (10), mise en place d'une première préforme fibreuse

(24) ayant sensiblement la forme du tube, d'une deuxième préforme fibreuse (26) ayant sensiblement la forme de la plaque et d'une troisième préforme fibreuse (28) entourant une extrémité de la première préforme fibreuse (24) adjacente à la deuxième préforme fibreuse (26) ;  
- injection d'un métal ou d'un alliage métallique dans la cavité (16) du moule (10).

2. Procédé selon la revendication 1, appliqué au cas où le tube est creux, dans lequel on place également dans le moule (10), à l'intérieur de la première préforme fibreuse (24), un mandrin (30) de forme complémentaire de l'intérieur du tube.
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel on réalise la troisième préforme fibreuse (28) sous la forme de deux demi coquilles dont chacune a la forme d'une demi couronne.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on injecte le métal ou l'alliage métallique dans la cavité (16) du moule (10) sensiblement selon un axe longitudinal de la première préforme fibreuse (24), sur une face de la deuxième préforme fibreuse (26) opposée à la première préforme fibreuse (24).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel on réalise les première (24), deuxième (26) et troisième (28) préformes fibreuses par drapage, de façon telle que certaines des fibres de chacune des préformes fibreuses soient sensiblement alignées lorsque les préformes sont placées dans le moule (10).

## Claims

1. A method of manufacturing a structure comprising at least one tube and at least one plate of metal-matrix composite material that are connected to each other, the method being **characterized in that** it comprises the following steps in succession:
  - placing a first fiber preform (24) having substantially the shape of the tube, a second fiber preform (26) having substantially the shape of the plate, and a third fiber preform (28) surrounding an end of the first fiber preform (24) adjacent to the second fiber preform (26) in a cavity (16) of a single mold (10); and
  - injecting a metal or a metal alloy into the cavity (16) of the mold (10).
2. A method according to claim 1, applied to the case where the tube is hollow, in which a mandrel (30) is also placed in the mold (10) inside the first fiber pre-

form (24), the mandrel being complementary in shape to the inside of the tube.

3. A method according to claim 1 or claim 2, in which the third fiber preform (28) is made in the form of two half-shells, each having the shape of a half-ring.
4. A method according to any preceding claim, in which the metal or metal alloy is injected into the cavity (16) of the mold (10) substantially along a longitudinal axis of the first fiber preform (24) via a face of the second fiber preform (26) remote from the first fiber preform (24).
5. A method according to any preceding claim, in which the first, second, and third fiber preforms (24, 26, 28) are made by draping so that some of the fibers in each of the fiber preforms are substantially in alignment when the preforms are placed in the mold (10).

Vorform (24) auf einer Seite der zweiten Faserstoff-Vorform (26) eingespritzt wird, die er ersten Faserstoff-Vorform (24) gegenüberliegt.

- 5 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die erste (24), die zweite (26) und die dritte (28) Faserstoff-Vorform vorzugsweise durch Zurichten von Tüchern hergestellt werden, sodass bestimmte Fasern aus jeder der Faserstoff-Vorformen ungefähr gleich ausgerichtet sind, wenn die Vorformen in die Gießform eingesetzt (10) werden.

### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Anordnung, umfassend mindestens ein Rohr und mindestens eine Platte aus einem Metall-Matrix-Composite-Werkstoff, die miteinander verbunden sind, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die folgenden aufeinander folgenden Schritte umfasst:
  - in einen Hohlraum (16) einer einzigen Gießform (10) Einsetzen einer ersten Faserstoff-Vorform (24), welche im Wesentlichen die Form eines Rohrs aufweist, sowie einer zweiten Faserstoff-Vorform (26), die im Wesentlichen die Form einer Platte aufweist, sowie einer dritten Faserstoff-Vorform (28), welche ein Ende der ersten Faserstoff-Vorform (24) umgibt, das an die zweite Faserstoff-Vorform (26) angrenzt;
  - Einspritzen eines Metalls oder einer Metalllegierung in den Hohlraum (16) der Gießform (10).
2. Verfahren nach Anspruch 1, angewendet auf den Fall, in dem das Rohr hohl ist, wobei ebenfalls in der Gießform (10) in das Innere der ersten Faserstoff-Vorform (24) ein Kern (30) mit einer zur Innenseite des Rohrs komplementären Form eingesetzt wird.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 und 2, bei dem die dritte Faserstoff-Vorform (28) in Form von zwei Halbschalen ausgeführt ist, von denen jede die Form eines Halbrings aufweist.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Metall oder die Metalllegierung in den Hohlraum (16) der Gießform (10) im Wesentlichen entlang der Längsachse der ersten Faserstoff-

