

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
COURBEVOIE

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

3 133 552

②1 N° d'enregistrement national : 22 02480

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : B 25 B 5/14 (2022.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21.03.22.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 22.09.23 Bulletin 23/38.

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 CERAMICS Société ano-  
nyme — FR.

⑦2 Inventeur(s) : GOUJARD Stéphane Roger André et  
MATHOUX-HEULS Lucas.

⑦3 Titulaire(s) : SAFRAN CERAMICS Société anonyme.

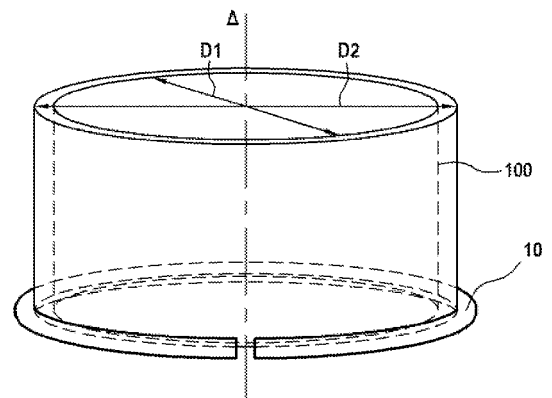
⑦4 Mandataire(s) : CABINET BEAU DE LOMENIE.

⑤4 Outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce composite à matrice céramique.

⑤7 Outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce  
composite à matrice céramique

Outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce  
composite à matrice céramique, la pièce composite à ma-  
trice céramique étant formée à partir d'une préforme impré-  
gnée, la préforme imprégnée comprenant une portion (100)  
s'étendant selon un axe ( $\Delta$ ), et la portion présente une sec-  
tion circulaire selon un plan de section perpendiculaire à  
l'axe, la section circulaire, l'outillage comprenant au moins  
un élément de serrage (10 ; 20) configuré pour maintenir la  
préforme imprégnée par serrage au niveau de la portion à  
section circulaire de la préforme imprégnée lors d'une étape  
de formation de la pièce CMC exposant la préforme impré-  
gnée à une température supérieure à 1050°C, l'élément de  
serrage présentant une forme de bague fendue, un dia-  
mètre intérieur (T1) et un diamètre extérieur (T2), et com-  
prenant une fente (12 ; 22), la fente représentant une  
ouverture angulaire de la forme de bague fendue de 1° à  
20°.

Figure pour l'abrégé : Fig. 2.



FR 3 133 552 - A1



## Description

### **Titre de l'invention : Outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce composite à matrice céramique**

#### **Domaine technique**

[0001] Le présent exposé concerne un outillage de maintien pour la fabrication de pièces composites à matrice céramique. En particulier, le présent outillage est adapté pour la fabrication de pièces composites de moteurs d'aéronefs.

#### **Technique antérieure**

[0002] Les pièces composites à matrice céramique, ou pièce CMC, sont fabriquées à partir de préformes imprégnées comprenant une préforme fibreuses imprégnée de pré-curseurs de matrice céramique. Plus précisément, les préformes imprégnées sont densifiées lors d'étapes de densification pour obtenir des pièces CMC finalisées. Les étapes de densification peuvent impliquer une ou plusieurs étapes de traitement à des hautes températures, généralement supérieures à 1000°C. C'est le cas lorsque l'imprégnation de la préforme fibreuse s'opère par voie liquide et est suivie d'une pyrolyse (notamment pour la densification de CMC de type SiC/SiC obtenus par une méthode PIP, acronyme de polymère imprégnation et pyrolyse). Dans d'autres cas, la densification peut comprendre un frittage (notamment pour la densification de CMC de type oxyde-oxyde).

[0003] Lors de ces étapes de traitement, le précurseur de matrice céramique peut ne plus maintenir suffisamment la préforme imprégnée, ce qui peut occasionner des déformations de la préforme imprégnée. Ces déformations de la préforme imprégnée apparaissant lors des étapes de traitement à haute température peuvent se répercuter sur la géométrie de la pièce CMC finale. Dans ces circonstances, la pièce CMC finale présente des déformations qui ne sont pas acceptables. Ce problème concerne à la fois les composites SiC/SiC et les composites oxyde-oxyde.

[0004] Peu de solutions existent pour contrebalancer cette tendance des préformes fibreuses à se déformer lors des étapes de traitement à haute température. Des solutions connues consistent à augmenter les épaisseurs des pièces ou d'y intégrer des raidisseurs. Cependant, cela complexifie la conception et la réalisation des pièces. De plus, de telles les pièces sont plus lourdes, ce qui est une contrainte pour des pièces aéronautiques. Aussi, la quantité de matière première à utiliser pour faire de telles pièces est plus importante ce qui augmente proportionnellement les coûts.

[0005] Par ailleurs, plus les pièces à obtenir sont grandes, fines et élancées, plus le phénomène de déformation est problématique. Par conséquent, il est difficile d'obtenir des pièces composites présentant une forme élancée (comme cela est le cas pour

certaines pièces d'aéronef) avec une dimension caractéristique supérieure à la dizaine de centimètre.

[0006] Il existe donc un besoin d'amélioration pour conserver une forme acceptable de la préforme imprégnée lorsqu'elle subit un traitement à haute température.

### **Exposé de l'invention**

[0007] Le présent exposé concerne un outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce composite à matrice céramique, la pièce composite à matrice céramique étant formée à partir d'une préforme imprégnée comprenant une préforme fibreuse creuse et d'un précurseur de matrice céramique, la préforme imprégnée comprenant une portion s'étendant selon un axe, et la portion présente une section circulaire selon un plan de section perpendiculaire à l'axe, la section circulaire présentant un diamètre intérieur et un diamètre extérieur, l'outillage comprenant au moins un élément de serrage configuré pour maintenir la préforme imprégnée par serrage au niveau de la portion à section circulaire de la préforme imprégnée lors d'une étape de formation de la pièce composite à matrice céramique exposant la préforme imprégnée à une température supérieure à 1050°C, l'élément de serrage présentant une forme de bague fendue, un diamètre intérieur et un diamètre extérieur, et comprenant une fente, la fente représentant une ouverture angulaire de la forme de bague fendue de 1° à 20°.

[0008] Il est ici entendu que la forme de bague fendue est une forme de révolution présentant une hauteur, et dans laquelle une fente s'étend sur toute la hauteur de la forme de révolution.

[0009] On comprend que l'ouverture angulaire est mesurée lorsque l'élément de serrage est libre et détaché de la préforme imprégnée.

[0010] Un tel outillage maintient la préforme imprégnée pendant l'étape à haute température ce qui permet de réduire voire de supprimer les déformations de la préforme imprégnée pouvant apparaître lors de ladite étape. En particulier, cela permet de maintenir la forme de la préforme imprégnée dans le cas où le précurseur de matrice céramique n'est plus suffisant pour assurer le maintien de la préforme imprégnée pendant le traitement thermique.

[0011] La fente des éléments de serrage procure une élasticité ce qui permet d'agrandir ou de diminuer l'ouverture en appliquant une contrainte sur l'élément de serrage. Cette élasticité permet, par exemple, à l'élément de serrage de se « clipser » sur la préforme imprégnée et de la maintenir, sans appliquer de contraintes trop fortes qui pourraient endommager la préforme imprégnée ou y créer des défauts.

[0012] On entend par « élasticité » la capacité de l'élément de serrage de se déformer de façon réversible, sans se détériorer ni plastifier.

[0013] On entend par « clipsage » un mode d'assemblage de la préforme imprégnée et de

l'élément de serrage par engagement et déformation élastique. Ici, c'est l'élément de serrage qui s'engage et se déforme élastiquement pour se « clipser » sur la préforme imprégnée. Lorsque l'élément de serrage est engagé dans la position « clipsée », il présente une déformation élastique moins grande que la déformation élastique nécessaire à l'engagement. Lorsque la préforme imprégnée et l'élément de serrage sont engagées l'une avec l'autre dans la position « clipsée », ils coopèrent l'une avec l'autre de manière à s'opposer à leurs mouvements relatifs dans le sens du dégage-ment (sens opposé au sens de l'engagement). En position « clipsée », ils peuvent en outre coopérer de manière à s'opposer à leurs mouvements relatifs dans le sens du prolongement de l'engagement, au-delà de la position « clipsée ». L'élasticité de l'élément de serrage permet de « clipser » ce dernier sur la préforme imprégnée, ce qui le rend apte à coopérer avec ladite préforme imprégnée.

- [0014] Cet outillage est particulièrement adapté pour des préformes de type SiC/SiC et de type oxyde-oxyde. Dans le cas d'une préforme de type SiC/SiC, l'outillage est particulièrement pertinent lors des pyrolyses des premier cycles PIP.
- [0015] Dans certains modes de réalisation, l'outillage comprend une pluralité d'éléments de serrage.
- [0016] Le fait d'utiliser plusieurs éléments de serrage permet d'améliorer le maintien de la préforme imprégnée. De plus, l'outillage peut prévoir des éléments de serrage différents pour s'adapter à la géométrie de la préforme imprégnée.
- [0017] Dans certains modes de réalisation, le diamètre intérieur de l'élément de serrage est supérieur à 120 mm, préférentiellement supérieur à 400 mm, plus préférentiellement supérieur à 500 mm.
- [0018] Dans cette configuration, l'élément de serrage est apte à maintenir des préformes fibreuses de grande taille, ce qui permet donc de fabriquer des pièces CMC de grande taille.
- [0019] Dans certains modes de réalisation, l'élément de serrage est monobloc.
- [0020] Dans cette configuration, l'élément de serrage est plus facile à réaliser, ce qui représente une économie de temps et de coût.
- [0021] Dans certains modes de réalisation, l'élément de serrage est configuré pour être serré sur la préforme de façon amovible
- [0022] On entend par « amovible » le fait qu'il est possible de séparer l'élément de serrage de la préforme imprégnée sans l'aide d'outils particuliers.
- [0023] Ainsi, l'élément de serrage est réutilisable pour la formation d'autres pièces composite à matrice céramique. Cela rend également son utilisation plus facile. Par exemple, l'outillage peut, pour chaque cycle PIP, être mis en place après l'imprégnation, mais avant la pyrolyse, puis être retiré à la fin de ladite pyrolyse.
- [0024] De plus, cela représente une économie de coût et de masse par rapport aux solutions

connues, impliquant par exemple des raidisseurs.

[0025] Dans certains modes de réalisation, l'angle de l'ouverture est préférentiellement compris entre 1° et 10°, et encore plus préférentiellement compris entre 3° et 4°.

[0026] Ces plages préférentielles permettent d'améliorer le compromis entre la résistance de l'élément de serrage et son élasticité. Par ailleurs, ces configurations préférentielles permettent de s'assurer que la fente est suffisamment large pour que l'élément de serrage puisse coopérer par clipsage avec la préforme imprégnée.

[0027] Dans certains modes de réalisation, deux éléments de serrage se suivant selon la direction de l'axe sont distants d'au plus 250 mm, préférentiellement 100 mm.

[0028] Dans cette configuration, le maintien de la préforme imprégnée est amélioré ce qui diminue d'avantage l'apparition de défauts lors d'un traitement de la préforme à haute température.

[0029] Dans certains modes de réalisation, au moins un élément de serrage de l'outillage est configuré pour être disposé autour de la portion à section circulaire de la préforme imprégnée, et dans lequel, pour chaque section perpendiculaire à l'axe de la préforme imprégnée sur laquelle l'au moins un élément de serrage est configuré pour maintenir la préforme imprégnée, le diamètre intérieur de l'élément de serrage est inférieur au diamètre extérieur de la section circulaire de la préforme imprégnée.

[0030] Dans cette configuration, l'élément de serrage est facile et peu coûteux à réaliser. Par ailleurs, cette configuration facilite la mise en place de l'élément de serrage. De plus, lorsque l'élément de serrage est serré contre la préforme imprégnée, l'ouverture de l'élément de serrage est légèrement écartée par rapport à son écartement d'équilibre, lorsque l'élément de serrage est libre. Dans ces circonstances, l'élément de serrage applique une légère contrainte radiale interne sur la préforme imprégnée, ce qui garantit une meilleure fixation de l'élément de serrage et un meilleur maintien de la préforme imprégnée.

[0031] Dans certains modes de réalisation, le diamètre intérieur de l'élément de serrage est 0,1 à 0,5% inférieur au diamètre extérieur de la section circulaire de la préforme imprégnée.

[0032] Cette configuration préférentielle permet d'améliorer la fixation de l'élément de serrage et le maintien de la préforme imprégnée. De plus, lorsque ces proportions sont respectées, le maintien résultant de l'élément de serrage est moins susceptible de créer des défauts dans la préforme imprégnée.

[0033] Dans certains modes de réalisation, au moins un élément de serrage de l'outillage est configuré pour être disposé à l'intérieur de la portion à section circulaire, et dans lequel, pour chaque section perpendiculaire à l'axe de la préforme imprégnée sur laquelle l'au moins un élément de serrage est configuré pour maintenir la préforme imprégnée, le diamètre extérieur de l'élément de serrage est inférieur au diamètre

intérieur de la section circulaire de la préforme imprégnée.

- [0034] Cette configuration représente une alternative pour fixer l'élément de serrage à la préforme imprégnée et peut s'avérer pertinente pour certaines configurations de préforme imprégnée. Un élément de serrage en matériau composite est à même de supporter une éventuelle contrainte occasionnée par le retrait de la pièce maintenue lors du frittage.
- [0035] Dans le cas où l'outillage comprend une pluralité d'éléments de serrage, certains éléments de serrage peuvent être prévus à l'intérieur de la préforme imprégnée tandis que d'autres peuvent être fixés par clipsage.
- [0036] Par ailleurs, lorsque l'élément de serrage est à l'intérieur de la préforme imprégnée, l'ouverture de l'élément de serrage est légèrement comprimée par rapport à son écartement d'équilibre, lorsque l'élément de serrage est libre. Dans ces circonstances, l'élément de serrage applique une légère contrainte radiale externe sur la préforme imprégnée, ce qui garantit une meilleure fixation de l'élément de serrage et un meilleur maintien de la préforme imprégnée.
- [0037] Dans certains modes de réalisation, le diamètre extérieur de l'élément de serrage est 0,1 à 0,5% supérieur au diamètre intérieur de la section circulaire de la préforme imprégnée.
- [0038] Cette configuration préférentielle permet d'améliorer la fixation de l'élément de serrage et le maintien de la préforme imprégnée. De plus, lorsque ces proportions sont respectées, le maintien offert par l'élément de serrage est moins susceptible de créer des défauts dans la préforme imprégnée. Cette configuration, est particulièrement efficace pour éviter des compactages locaux de la préforme imprégnée, pouvant créer des zones sur la préforme imprégnée où le taux de fibre est plus important qu'ailleurs.
- [0039] Dans certains modes de réalisation, l'élément de serrage est prévu dans le même matériau que le la pièce composite à matrice céramique à obtenir.
- [0040] On comprend qu'un tel élément de serrage a été fritté/pyrolysé avant son emploi dans un outillage selon ce mode de réalisation.
- [0041] Ainsi, la dilatation thermique de l'élément de serrage est comparable à la dilatation thermique de la préforme imprégnée, ce qui permet d'améliorer le maintien de la préforme imprégnée par l'élément de serrage lors de l'étape de formation à température élevée.
- [0042] Dans certains modes de réalisation, la forme de bague fendue d'au moins un élément de serrage de l'outillage est une forme conique.
- [0043] Dans cette configuration, l'outillage peut s'adapter à des préformes fibreuses de forme conique.
- [0044] Dans certains modes de réalisation, la forme de bague fendue d'au moins un élément de serrage de l'outillage est une forme annulaire.

- [0045] Dans cette configuration, l'élément de serrage est plus simple à réaliser. Dans le cas où l'outillage comprend plusieurs éléments de serrage, chaque élément de serrage peut avoir une forme différente des autres éléments de serrage. Par exemple l'un des éléments de serrage peut avoir une forme annulaire tandis qu'un autre présente une forme conique.
- [0046] Le présent exposé concerne par ailleurs un procédé de fabrication d'une pièce composite à matrice céramique à partir d'une préforme imprégnée comprenant une préforme fibreuse et un précurseur de matrice céramique, le procédé comprenant une étape de formation dans laquelle la préforme imprégnée est exposée à une température supérieure à 1050°C, et dans laquelle un outillage selon l'un des précédents modes de réalisation est utilisé.
- [0047] Un tel procédé présente tous les avantages précédemment cités. Cela s'applique particulièrement à des étapes de frittage ou de pyrolyse pour la formation de pièces CMC de type SiC/SiC ou oxyde-oxyde.
- [0048] Les caractéristiques et avantages précités, ainsi que d'autres, apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit, d'exemples de réalisation du dispositif et du procédé proposés. Cette description détaillée fait référence aux dessins annexés.

### **Brève description des dessins**

- [0049] Les dessins annexés sont schématiques et visent avant tout à illustrer les principes de l'exposé.
- [0050] [Fig.1] La [Fig.1] représente un élément de serrage selon un premier mode de réalisation.
- [0051] [Fig.2] La [Fig.2] représente un élément de serrage selon le mode de réalisation de la [Fig.1] serré autour d'une préforme imprégnée.
- [0052] [Fig.3] La [Fig.3] représente un élément de serrage selon le mode de réalisation de la [Fig.1] serré à l'intérieur de la préforme imprégnée.
- [0053] [Fig.4] La [Fig.4] représente un élément de serrage selon un deuxième mode de réalisation.

### **Description des modes de réalisation**

- [0054] Afin de rendre plus concret l'exposé, un exemple de dispositif est décrit en détail ci-après, en référence aux dessins annexés. Il est rappelé que l'invention ne se limite pas à cet exemple.
- [0055] La [Fig.1] représente un premier mode de réalisation d'un élément de serrage 10 d'un outillage selon la présente invention. L'élément de serrage 10 présente une forme de bague fendue et comprend donc une fente 12, présente sur toute la hauteur de l'élément de serrage 10. L'élément de serrage 10 présente une forme de révolution annulaire avec un diamètre intérieur T1 et un diamètre extérieur T2 lorsque l'élément de serrage

10 est libre. Par la suite, le diamètre intérieur T1 et le diamètre extérieur T2 réfèrera aux dimensions de l'élément de serrage 10 libre. Typiquement, le diamètre intérieur T1 est compris entre 100 mm et 1100 mm, et le diamètre extérieur T2 est plus grand que T1 de 10 mm à 40 mm. Ces dimensions sont ajustées pour coopérer avec la pièce maintenue par l'outillage.

- [0056] La fente 12 représente une ouverture de l'élément de serrage 10 d'un angle  $\alpha$  compris entre  $1^\circ$  et  $20^\circ$ . Dans le présent exemple, l'angle  $\alpha$  vaut  $3^\circ$ . Par ailleurs, dans le présent exemple, l'élément de serrage 10 est prévu en Cerasep<sup>®</sup> A100 pour une préforme imprégnée de type oxyde-oxyde et est prévu en Sepcarbinox<sup>®</sup> pour une préforme imprégnée de type SiC/SiC. On comprend que la bague fendue est obtenue par formation d'une bague non fendue présentant le diamètre intérieur T1 et le diamètre extérieur T2 et qu'une portion de la bague est ensuite enlevée sur toute la hauteur de la bague pour former la fente. La bague non fendue peut être prélevée dans une plaque plane ou prélevée d'un tube présentant les dimensions adéquates.
- [0057] Dans le présent exposé, il est compris que l'élément de serrage 10 est « écarté » lorsqu'il subit une contrainte qui tend à augmenter l'angle  $\alpha$ . A l'inverse, il est compris que l'élément de serrage 10 est « comprimé » lorsqu'il subit une contrainte qui tend à diminuer l'angle  $\alpha$ . L'élément de serrage reste dans le domaine élastique tant que l'angle  $\alpha$  est compris entre  $1^\circ$  et  $5^\circ$ .
- [0058] La [Fig.2] représente un élément de serrage 10 selon le mode de réalisation de la [Fig.1] serré autour d'une préforme imprégnée comprenant une préforme imprégnée et un précurseur de matrice céramique. Par exemple, ce précurseur de matrice céramique peut être configuré pour obtenir une pièce CMC de type SiC/SiC ou de type oxyde-oxyde.
- [0059] La préforme imprégnée comprend une portion 100 cylindrique creuse s'étendant selon un axe  $\Delta$ . La portion 100 présente une section circulaire dans un plan de section perpendiculaire à l'axe  $\Delta$ . Cette section circulaire présente un diamètre intérieur D1 et un diamètre extérieur D2 lorsque la portion 100 est libre. Par la suite, le diamètre intérieur D1 et le diamètre extérieur D2 réfèrera aux dimensions de la portion 100 libre. Typiquement, le diamètre intérieur D1 mesure 380 mm et le diamètre extérieur D2 mesure 394 mm.
- [0060] L'élément de serrage 10 est serré autour de la portion 100 de la préforme imprégnée, dans un plan perpendiculaire à l'axe  $\Delta$ . Il y a donc un contact entre la circonférence intérieure de l'élément de serrage 10 et la circonférence extérieure de la portion 100. Dans le présent exemple, le diamètre intérieur T1 de l'élément de serrage 10 est plus petit que le diamètre extérieur D2 de la portion 100.
- [0061] L'élément de serrage 10 est clipsé sur la portion 100. Pour clipser l'élément de serrage 10 à la portion 100, l'élément de serrage 10 est écarté élastiquement en ouvrant

la fente 12 par augmentation de l'angle  $\alpha$ , de sorte que l'élément de serrage 10 puisse être disposé autour de la portion 100.

- [0062] Une fois positionné, l'élément de serrage 10 tend à se comprimer élastiquement autour de la portion 100 pour retrouver sa position d'équilibre. Puisque le diamètre intérieur T1 de l'élément de serrage 10 est plus petit que le diamètre extérieur D2 de la portion 100, l'équilibre n'est jamais parfaitement atteint pour l'élément de serrage 10. Dans ces circonstances, une légère pression est appliquée par l'élément de serrage 10 sur la préforme imprégnée.
- [0063] Dans ces circonstances, l'élément de serrage 10 suit le retrait de la préforme imprégnée lorsque cette dernière subit une étape de formation à haute température. La section circulaire de la préforme imprégnée est donc conservée tout au long de l'étape de formation à haute température, dans laquelle le précurseur de matrice céramique se transforme progressivement en matrice céramique.
- [0064] La [Fig.3] représente un élément de serrage 10 selon le mode de réalisation de la [Fig.1] serré à l'intérieur de la préforme imprégnée.
- [0065] L'élément de serrage 10 est serré à l'intérieur de la portion 100 de la préforme imprégnée, dans un plan perpendiculaire à l'axe  $\Delta$ . Il y a donc un contact entre la circonférence extérieure de l'élément de serrage 10 et la circonférence intérieure de la portion 100. Dans le présent exemple, le diamètre extérieur T2 de l'élément de serrage 10 est plus grand que le diamètre intérieur D1 de la portion 100.
- [0066] L'élément de serrage 10 est inséré à l'intérieur de la portion 100. Pour insérer l'élément de serrage 10 dans la portion 100, l'élément de serrage 10 est comprimé élastiquement en fermant la fente 12 par diminution de l'angle  $\alpha$ , de sorte que l'élément de serrage 10 puisse être inséré à l'intérieur de la portion 100.
- [0067] Une fois positionné, l'élément de serrage 10 tend à s'écarter élastiquement à l'intérieur de la portion 100 pour retrouver sa position d'équilibre. Puisque le diamètre extérieur T2 de l'élément de serrage 10 est plus grand que le diamètre intérieur D1 de la portion 100, l'équilibre n'est jamais parfaitement atteint pour l'élément de serrage 10. Dans ces circonstances, une légère pression est appliquée par l'élément de serrage 10 sur la préforme imprégnée.
- [0068] La [Fig.4] représente un élément de serrage 20 selon un deuxième mode de réalisation. L'élément de serrage 20 présente une forme de bague fendue conique et comprend donc une fente 22. L'élément de serrage 20 présente donc une forme de révolution conique, comprenant une hauteur. Pour une section perpendiculaire à l'axe de la forme conique, l'élément de serrage 20 présente une section circulaire présentant un diamètre intérieur et un diamètre extérieur. Du fait de la forme conique, lorsque l'élément de serrage 20 est posé sur sa section circulaire la plus grande, les diamètres intérieurs et extérieurs de l'élément de serrage 20 diminuent lorsqu'on parcourt la

hauteur de l'élément de serrage 20 du bas vers le haut, c'est-à-dire de la section circulaire présentant le diamètre intérieur le plus grand à la section circulaire présentant le diamètre intérieur le plus petit. La fente 22 est continue entre la section circulaire présentant le diamètre intérieur le plus grande et la section circulaire présentant le diamètre intérieur le plus petit. Dans cet exemple de réalisation, la fente 22 représente à l'instar du premier mode de réalisation, une ouverture angulaire de la forme conique de l'élément de serrage 20.

- [0069] L'élément de serrage 20 est configuré pour coopérer avec des portions de préformes fibreuses qui ont une forme conique analogue à la forme de l'élément de serrage 20. De façon analogue au premier mode de réalisation, la portion s'étend le long d'un axe  $\Delta$ , et présente une section circulaire pour un plan de section perpendiculaire à l'axe  $\Delta$ . Le fonctionnement de l'élément de serrage 20 est identique au fonctionnement de l'élément de serrage 10 du premier mode de réalisation.
- [0070] En particulier, l'élément de serrage 20 peut être clipsé autour de la portion de la préforme imprégnée selon le même procédé que le premier mode de réalisation. Dans ce cas, pour chaque section perpendiculaire à l'axe  $\Delta$  de la portion, le diamètre intérieur de l'élément de serrage 20 est plus petit que le diamètre extérieur de la portion. On comprend alors que la portion de la préforme imprégnée est contrainte sur toute la hauteur de l'élément de serrage 20.
- [0071] L'élément de serrage 20 peut également être inséré à l'intérieur de la portion de la préforme imprégnée selon le même procédé que le premier mode de réalisation. Dans ce cas, pour chaque section perpendiculaire à l'axe  $\Delta$  de la portion, le diamètre extérieur de l'élément de serrage 20 est plus grand que le diamètre intérieur de la portion. On comprend alors que la portion de la préforme imprégnée est contrainte sur toute la hauteur de l'élément de serrage 20.
- [0072] L'outillage de la présente invention peut comprendre une pluralité d'éléments de serrage 10, 20 de forme annulaire et/ou conique configurés pour être disposés sur une même préforme imprégnée. Il est alors entendu que l'outillage peut comprendre soit une pluralité d'éléments de serrage uniquement annulaire, soit pluralité d'éléments de serrage uniquement conique, soit pluralité d'éléments de serrage dont certains sont annulaires et d'autres sont coniques.
- [0073] Ces éléments de serrage 10, 20 peuvent être disposés à l'intérieur et/ou autour de la préforme imprégnée. Il est alors entendu que l'outillage peut comprendre soit une pluralité d'éléments de serrage uniquement à l'intérieur de la préforme imprégnée, soit pluralité d'éléments de serrage uniquement autour de la préforme imprégnée, soit pluralité d'éléments de serrage dont certains sont à l'intérieur de la préforme imprégnée et d'autres sont autour de la préforme imprégnée.
- [0074] Par ailleurs, dans le cas de la préparation d'une pièce CMC oxyde-oxyde, une couche

d'inhibition de frittage peut être prévue sur la surface de l'élément de serrage 10, 20 en contact avec la pièce maintenue. Cette couche permet de s'assurer que l'élément de serrage 10, 20 et la pièce ne se soudent pas à haute température. Par exemple, cette couche peut être de la poudre de zircon ou un adhésif qui se dégrade à haute température.

- [0075] Le présent outillage a été décrit pour la formation d'une pièce composite à matrice céramique mais pourrait être employée pour la formation de toute pièce cylindrique qui comprend une étape de formation à haute température.
- [0076] Bien que la présente invention ait été décrite en se référant à des exemples de réalisation spécifiques, il est évident que des modifications et des changements peuvent être effectués sur ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En particulier, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés/mentionnés peuvent être combinées dans des modes de réalisation additionnels. Par conséquent, la description et les dessins doivent être considérés dans un sens illustratif plutôt que restrictif.
- [0077] Il est également évident que toutes les caractéristiques décrites en référence à un procédé sont transposables, seules ou en combinaison, à un dispositif, et inversement, toutes les caractéristiques décrites en référence à un dispositif sont transposables, seules ou en combinaison, à un procédé.

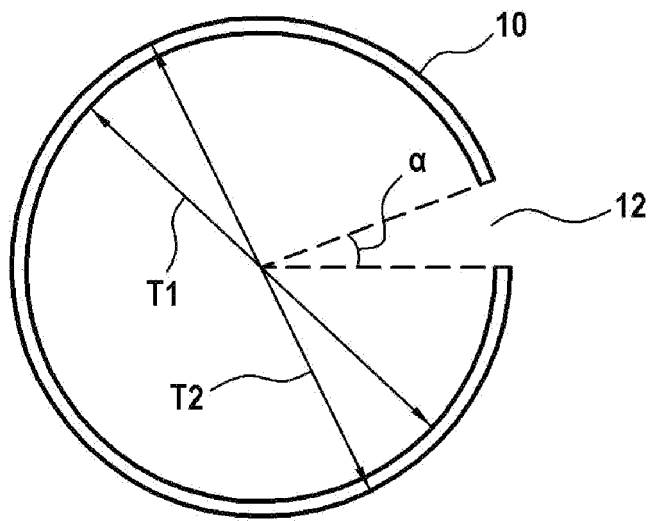
## Revendications

- [Revendication 1] Outillage de maintien pour la fabrication d'une pièce composite à matrice céramique, la pièce composite à matrice céramique étant formée à partir d'une préforme imprégnée comprenant une préforme fibreuse creuse et d'un précurseur de matrice céramique, la préforme imprégnée comprenant une portion (100) s'étendant selon un axe ( $\Delta$ ), et la portion (100) présente une section circulaire selon un plan de section perpendiculaire à l'axe ( $\Delta$ ), la section circulaire présentant un diamètre intérieur (D1) et un diamètre extérieur (D2), l'outillage comprenant au moins un élément de serrage (10 ; 20) configuré pour maintenir la préforme imprégnée par serrage au niveau de la portion (100) à section circulaire de la préforme imprégnée lors d'une étape de formation de la pièce composite à matrice céramique exposant la préforme imprégnée à une température supérieure à 1050°C, l'élément de serrage (10 ; 20) présentant une forme de bague fendue, un diamètre intérieur (T1) et un diamètre extérieur (T2), et comprenant une fente (12 ; 22), la fente (12 ; 22) représentant une ouverture angulaire de la forme de bague fendue de 1° à 20°.
- [Revendication 2] Outillage selon la revendication 1, dans lequel au moins un élément de serrage (10 ; 20) de l'outillage est configuré pour être disposé autour de la portion (100) à section circulaire de la préforme imprégnée, et dans lequel, pour chaque section perpendiculaire à l'axe ( $\Delta$ ) de la préforme imprégnée sur laquelle l'au moins un élément de serrage (10 ; 20) est configuré pour maintenir la préforme imprégnée, le diamètre intérieur (T1) de l'élément de serrage (10 ; 20) est inférieur au diamètre extérieur (D2) de la section circulaire de la préforme imprégnée.
- [Revendication 3] Outillage selon la revendication 2, dans lequel le diamètre intérieur (T1) de l'élément de serrage est 0,1 à 0,5% inférieur au diamètre extérieur (D2) de la section circulaire de la préforme imprégnée.
- [Revendication 4] Outillage selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel au moins un élément de serrage (10 ; 20) de l'outillage est configuré pour être disposé à l'intérieur de la portion (100) à section circulaire, et dans lequel, pour chaque section perpendiculaire à l'axe ( $\Delta$ ) de la préforme imprégnée sur laquelle l'au moins un élément de serrage (10 ; 20) est configuré pour maintenir la préforme imprégnée, le

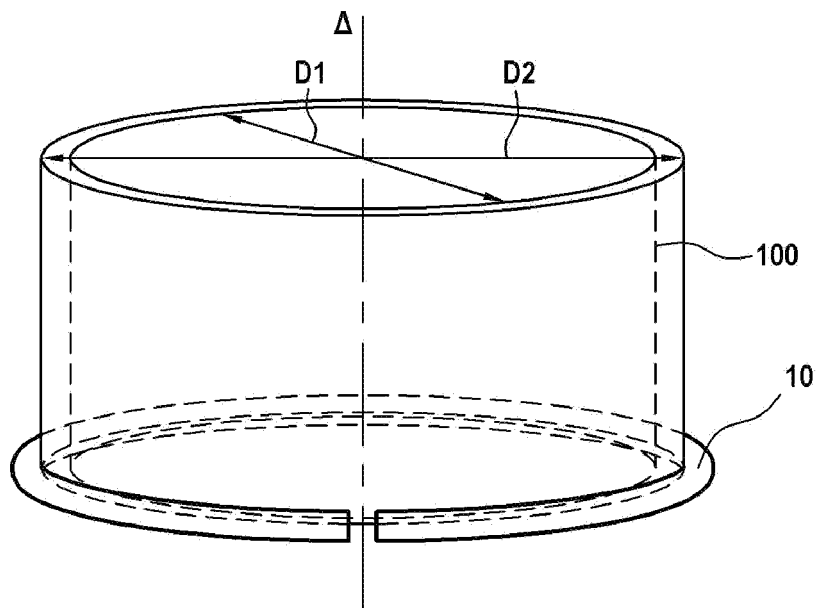
diamètre extérieur (T2) de l'élément de serrage (10 ;20) est inférieur au diamètre intérieur (D1) de la section circulaire de la préforme imprégnée.

- [Revendication 5] Outillage selon la revendication 4, dans lequel le diamètre extérieur (T2) de l'élément de serrage est 0,1 à 0,5% supérieur au diamètre intérieur (D1) de la section circulaire de la préforme imprégnée.
- [Revendication 6] Outillage selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel l'élément de serrage (10 ;20) est prévu dans le même matériau que la pièce composite à matrice céramique à obtenir.
- [Revendication 7] Outillage selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la forme de bague fendue d'au moins un élément de serrage de l'outillage est une forme conique.
- [Revendication 8] Outillage selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel la forme de bague fendue d'au moins un élément de serrage (10 ;20) de l'outillage est une forme annulaire.
- [Revendication 9] Outillage selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'outillage comprend une pluralité d'éléments de serrage (10, 20).
- [Revendication 10] Outillage selon la revendication 9, dans lequel deux éléments de serrage (10, 20) se suivant selon la direction de l'axe ( $\Delta$ ) sont distants d'au plus 250 mm, préférentiellement 100 mm.

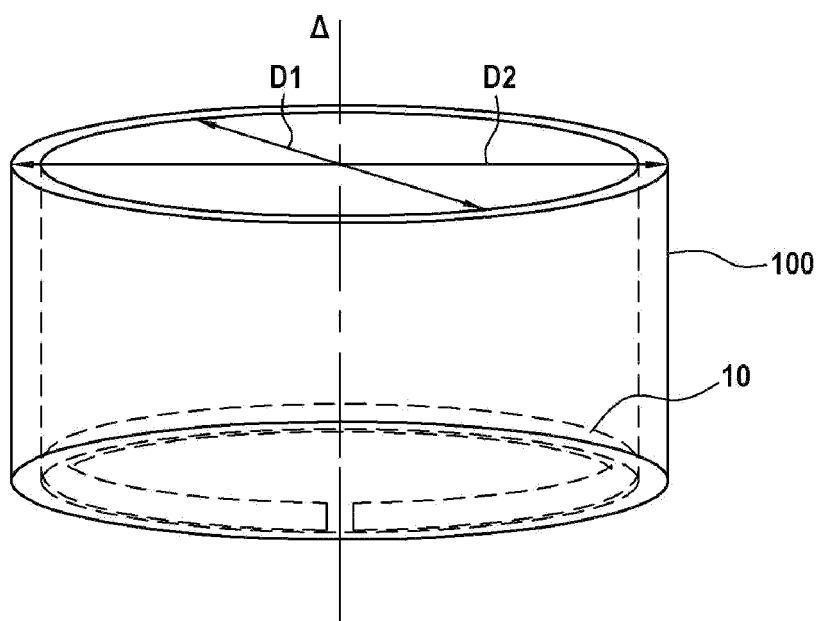
[Fig. 1]



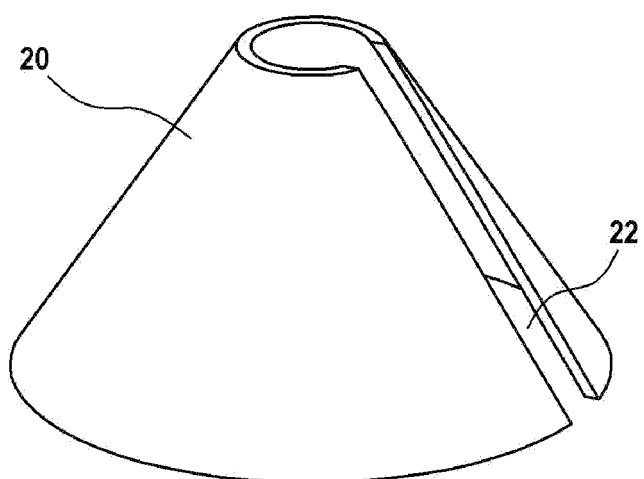
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

**FA 907538**  
**FR 2202480**

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	US 6 417 473 B1 (MAYO STEPHEN DAVID [US] ET AL) 9 juillet 2002 (2002-07-09)	1-6, 8-10	B25B5/14
Y	* figure 3 * * colonne 4, lignes 16-33 *	7	
X	US 10 577 977 B2 (ROLLS ROYCE CORP [US]) 3 mars 2020 (2020-03-03)	1-6, 8-10	
Y	* figure 10 * * colonne 7, ligne 56 - colonne 8, ligne 7 *	7	
A	WO 2014/170586 A1 (HERAKLES [FR]) 23 octobre 2014 (2014-10-23)	1-10	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B28B C04B B29C F27D C23C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
21 novembre 2022		Voltz, Eric	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire		.....	
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2202480 FA 907538**

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 **21-11-2022**  
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
<b>US 6417473</b>	<b>B1</b>	<b>09-07-2002</b>	<b>CN 1343999 A</b>	<b>10-04-2002</b>
			<b>EP 1172834 A2</b>	<b>16-01-2002</b>
			<b>JP 4854142 B2</b>	<b>18-01-2012</b>
			<b>JP 2002110008 A</b>	<b>12-04-2002</b>
			<b>KR 20020007185 A</b>	<b>26-01-2002</b>
			<b>MY 124788 A</b>	<b>31-07-2006</b>
			<b>US 6417473 B1</b>	<b>09-07-2002</b>
			<b>ZA 200105706 B</b>	<b>22-01-2002</b>
-----				
<b>US 10577977</b>	<b>B2</b>	<b>03-03-2020</b>	<b>CA 2986285 A1</b>	<b>22-08-2018</b>
			<b>EP 3366892 A1</b>	<b>29-08-2018</b>
			<b>US 2018238193 A1</b>	<b>23-08-2018</b>
-----				
<b>FR 894783</b>	<b>A</b>	<b>05-01-1945</b>	<b>BE 449953 A</b>	<b>21-11-2022</b>
			<b>CH 233427 A</b>	<b>31-07-1944</b>
			<b>FR 894783 A</b>	<b>05-01-1945</b>
-----				
<b>WO 2014170586</b>	<b>A1</b>	<b>23-10-2014</b>	<b>FR 3004732 A1</b>	<b>24-10-2014</b>
			<b>WO 2014170586 A1</b>	<b>23-10-2014</b>
-----				