



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
08.02.2023 Bulletin 2023/06

(21) Numéro de dépôt: **22184523.3**

(22) Date de dépôt: **12.07.2022**

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
B21D 53/92 ^(1968.09) **B21D 53/18** ^(1968.09)
B21D 26/031 ^(2011.01) **B21D 26/047** ^(2011.01)
B21D 22/22 ^(1968.09) **B21D 22/06** ^(1968.09)

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
B21D 53/92; B21D 22/06; B21D 22/225;
B21D 26/031; B21D 26/047; B21D 53/18

(84) Etats contractants désignés:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR
 Etats d'extension désignés:
BA ME
 Etats de validation désignés:
KH MA MD TN

(30) Priorité: **05.08.2021 FR 2108531**

(71) Demandeur: **Airbus Operations SAS**
31060 Toulouse (FR)

(72) Inventeur: **GARNIER, César**
31060 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Gevers & Orès**
Immeuble le Palatin 2
3 Cours du Triangle
CS 80165
92939 Paris La Défense Cedex (FR)

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION DE PIÈCE A PARTIR D'UNE PLAQUE EN MATÉRIAU DÉFORMABLE, EN PARTICULIER POUR UN BORD D'UN ÉLÉMENT D'UN AÉRONEF**

(57) - Procédé et dispositif de fabrication de pièce à partir d'une plaque en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef.

- Le dispositif (1) comporte un outil (8) pourvu de deux parties d'outil (9, 10) configurées pour pouvoir s'approcher l'une de l'autre et aptes à arrondir une plaque (12) en matériau déformable fixée à ces deux parties d'outil (9, 10), un moule (14) agencé à la périphérie (8A) de l'outil (8) et pourvu d'une empreinte (15) de forme cor-

respondant à la forme de la pièce (2) à fabriquer, et un système de déplacement configuré pour plaquer la plaque (12) arrondie contre l'empreinte (15) du moule (14), le moule (14) étant apte mettre en forme la plaque (12) arrondie lorsqu'elle est plaquée contre l'empreinte (15) de manière à lui conférer sa forme définitive, le dispositif (1) permettant de fabriquer des pièces monobloc de tailles variées et notamment des pièces de grandes tailles et/ou des pièces profondes.

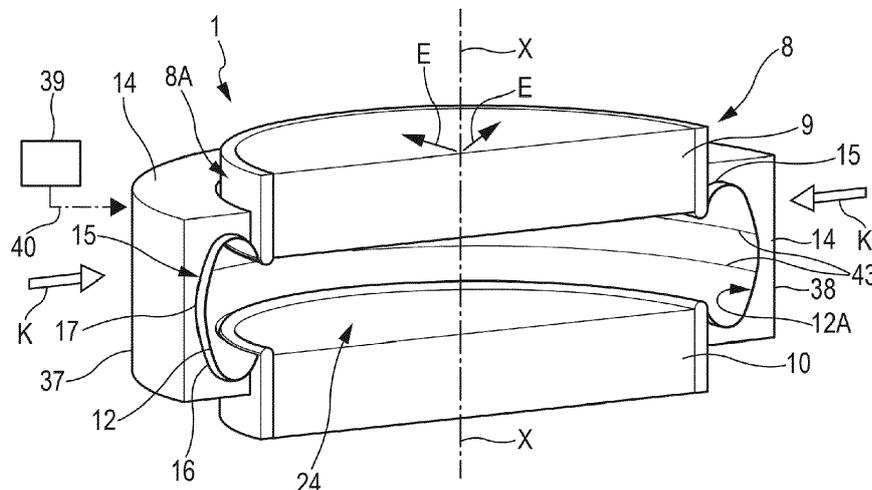


Fig. 1

Description

DOMAINE TECHNIQUE

[0001] La présente invention concerne un procédé et un dispositif de fabrication de pièces en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] Bien que non exclusivement, la présente invention s'applique plus particulièrement à la fabrication d'une pièce destinée à tout type de bord, notamment un bord d'attaque, d'un élément, en particulier d'un aéronef et notamment d'un avion de transport. Il peut notamment s'agir d'un élément externe (dit aérodynamique) de l'aéronef, tel qu'une surface aérodynamique (aile, stabilisateur,...) ou un système propulsif, ou d'un élément interne à l'aéronef.

[0003] Actuellement, de telles pièces sont, généralement, fabriquées à partir d'un alliage d'aluminium. La fabrication nécessite plusieurs étapes successives avec des traitements thermiques. Une telle fabrication est longue et coûteuse.

[0004] Surtout, les méthodes de fabrication usuelles présentent de fortes limitations dans la fabrication de pièces monobloc. En particulier, elles ne permettent pas de former des pièces de très grandes tailles ou des pièces profondes.

[0005] Il existe donc un besoin de disposer d'une solution permettant de fabriquer des pièces (monobloc) destinées notamment aux applications précitées, qui présentent des tailles et/ou des formes variées, et en particulier des pièces de très grandes tailles et/ou des pièces profondes.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

[0006] La présente invention a pour objet de répondre à ce besoin. Pour ce faire, elle concerne un dispositif de fabrication d'au moins une pièce en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef.

[0007] Selon l'invention, ledit dispositif de fabrication comporte :

- un outil pourvu de deux parties d'outil dont au moins l'une est mobile, ces deux parties d'outil étant configurées pour pouvoir s'approcher l'une de l'autre et étant aptes à arrondir une plaque en matériau déformable fixée par deux de ses extrémités respectivement aux deux parties d'outil, lorsque ces deux parties d'outil sont approchées l'une de l'autre ;
- un moule agencé à la périphérie de l'outil et pourvu d'une empreinte de forme correspondant à la forme d'au moins une partie de la pièce à fabriquer, l'empreinte étant orientée pour être en regard de la plaque arrondie ; et

- un système de déplacement configuré pour plaquer la plaque arrondie contre l'empreinte du moule, le moule étant apte mettre en forme la plaque arrondie lorsqu'elle est plaquée contre ladite empreinte de manière à lui conférer sa forme définitive.

[0008] Ainsi, grâce à la réalisation d'une tôle arrondie qui est utilisée pour être soumise à un formage dans le moule et grâce à l'agencement du moule pourvu de l'empreinte à la périphérie de l'outil, qui permet de prévoir des modes de réalisation différents adaptés notamment aux pièces à fabriquer, on est en mesure de fabriquer, à l'aide dudit dispositif de fabrication, des pièces (monobloc) de tailles variées et notamment des pièces de grandes tailles et/ou des pièces profondes.

[0009] Dans un mode de réalisation particulier, l'outil comporte au moins l'un des systèmes d'actionnement suivants pour approcher les deux parties d'outil l'une de l'autre : un système mécanique, un système hydraulique.

[0010] Avantageusement, le système de déplacement comprend au moins l'une des unités suivantes : une unité d'alimentation en fluide (qui utilise un fluide externe), une unité de déplacement de fluide (qui utilise un fluide interne à l'outil qui est déplacé lors du rapprochement des deux parties d'outil).

[0011] Par ailleurs, dans un mode de réalisation particulier, le moule comprend une pluralité de parties de coquille aptes à être séparées et assemblées, qui sont liées selon l'une des manières suivantes à l'outil :

- au moins l'une desdites parties de coquille est fixée sur l'une desdites parties d'outil ;
- au moins l'une desdites parties de coquille est liée de façon mobile, à l'une desdites parties d'outil.

[0012] En outre, dans un autre mode de réalisation, le moule comprend une pluralité de parties de coquille aptes à être séparées et assemblées, et le dispositif de fabrication comporte un système d'actionnement auxiliaire configuré pour pouvoir déplacer lesdites parties de coquille afin de les assembler.

[0013] Par ailleurs, dans un mode de réalisation préféré, l'empreinte du moule présente une forme permettant de fabriquer simultanément au moins deux pièces.

[0014] La fabrication mise en œuvre par ledit dispositif de fabrication, peut être réalisée à froid. Toutefois, dans un mode de réalisation particulier, le dispositif de fabrication comporte, de plus, un four apte à chauffer au moins la plaque. Ce mode de réalisation particulier permet de réaliser une fabrication à chaud.

[0015] La présente invention concerne également un procédé de fabrication d'au moins une pièce en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef.

[0016] Selon l'invention, ledit procédé de fabrication comporte au moins les étapes suivantes :

- une étape de déformation consistant à fixer une pla-

que en matériau déformable par deux de ses extrémités respectivement à deux parties d'outil d'un outil et à approcher les deux parties d'outil l'une de l'autre, afin d'arrondir ladite plaque ; et

- une étape de formage consistant à plaquer la plaque arrondie contre une empreinte d'un moule agencé à la périphérie de l'outil, l'empreinte présentant une forme correspondant à la forme d'au moins une partie de la pièce à fabriquer et étant orientée pour être en regard de la plaque arrondie, afin de mettre en forme la plaque arrondie de manière à lui conférer sa forme définitive.

[0017] Dans le cadre de la présente invention, l'étape de formage peut être réalisée après l'étape de déformation. Toutefois, dans un mode de réalisation préféré, l'étape de déformation et l'étape de formage sont réalisées, au moins en partie, simultanément.

[0018] La fabrication mise en œuvre par le procédé de fabrication peut être réalisée à froid. Toutefois, dans un mode de réalisation particulier, au moins l'étape de formage est réalisée à chaud, et de préférence à la fois l'étape de déformation et l'étape de formage sont réalisées à chaud.

BRÈVE DESCRIPTION DES FIGURES

[0019]

Les figures annexées feront bien comprendre comment l'invention peut être réalisée. Sur ces figures, des références identiques désignent des éléments semblables.

La figure 1 est une vue partielle, en perspective et en coupe, d'un mode de réalisation particulier d'un dispositif de fabrication.

La figure 2 est une vue, en perspective, d'une pièce fabriquée à l'aide du dispositif de fabrication de la figure 1.

La figure 3 est une vue schématique, en coupe, d'un mode de réalisation particulier d'un outil d'un dispositif de fabrication.

La figure 4 est une vue schématique, en coupe, d'un dispositif de fabrication comprenant un moule selon un premier mode de réalisation.

La figure 5 est une vue schématique, en coupe, d'un dispositif de fabrication comprenant un moule selon le premier mode de réalisation et une unité d'alimentation en fluide.

La figure 6 est une vue schématique, en coupe, d'un dispositif de fabrication comprenant un moule selon d'un deuxième mode de réalisation.

La figure 7 est une vue partielle, en plan, du dispositif de fabrication de la figure 6.

La figure 8 est une vue partielle, en perspective et en coupe, de deux pièces fabriquées simultanément à l'aide du dispositif de fabrication de la figure 1.

La figure 9 montre schématiquement les étapes prin-

cipales d'un procédé de fabrication.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE

[0020] Le dispositif 1 représenté schématiquement sur la figure 1 et permettant d'illustrer l'invention est un dispositif de fabrication d'une pièce 2 en matériau déformable, telle que celle représentée à titre d'illustration sur la figure 2.

[0021] Dans le cadre de la présente invention, la pièce 2 peut correspondre à une pièce destinée à être agencée sur un élément, en particulier d'un aéronef et notamment d'un avion de transport. La pièce 2 est généralement agencée sur un bord de l'élément, et principalement mais non exclusivement sur son bord d'attaque, et elle peut correspondre par exemple à une lèvre d'entrée d'air. Concernant l'élément sur lequel est agencée la pièce, il peut notamment s'agir d'un élément (dit aérodynamique) externe à l'aéronef, tel qu'une surface aérodynamique (aile, stabilisateur,...) ou un système propulsif, ou d'un élément interne à l'aéronef.

[0022] La pièce 2 représentée à titre d'illustration sur la figure 2, présente une forme générale annulaire, avec une symétrie de révolution autour d'un axe L-L. La pièce 2, en forme de U en section transversale, est pourvue de deux parois longitudinales 3 et 4 qui sont liées ensemble par un fond 5 arrondi, à l'une des extrémités longitudinales 6A. A l'autre extrémité longitudinale 6B de la pièce 2, est prévue une ouverture 7.

[0023] Pour fabriquer la pièce 2, le dispositif 1 comporte un outil 8 pourvu, comme représenté sur la figure 3, de deux parties d'outil 9 et 10. Ces deux parties d'outil 9 et 10 sont configurées pour pouvoir s'approcher l'une de l'autre. Pour ce faire, au moins l'une des deux parties d'outil 9 et 10 est mobile.

[0024] L'outil 8 présente un axe longitudinal X-X. Dans un mode de réalisation particulier, les parties d'outil 9 et 10 présentent une symétrie de révolution autour de cet axe longitudinal X-X.

[0025] Dans la description suivante, on entend :

- par « longitudinal », un élément agencé selon l'axe longitudinal X-X ou selon une direction parallèle à cet axe longitudinal X-X ;
- par « radialement externe » et « radialement vers l'extérieur », des directions radiales à l'axe longitudinal X-X, en s'écartant de l'axe longitudinal X-X, comme illustré par des flèches E sur la figure 1 ;
- par « radialement interne » et « radialement vers l'intérieur », des directions radiales à l'axe longitudinal X-X, en s'approchant de l'axe longitudinal X-X, c'est-à-dire dans le sens opposé au sens illustré par les flèches E de la figure 1.

[0026] L'outil 8 comporte également des moyens usuels, notamment un ensemble de rails 13 (figure 3), permettant de guider la ou les parties d'outil 9 et 10 mobiles lorsque ces parties d'outil 9 et 10 s'approchent l'une

de l'autre.

[0027] L'outil 8 comporte également un système d'actionnement 11 configuré pour générer une force permettant d'approcher les deux parties d'outil 9 et 10 l'une de l'autre. L'action du système d'actionnement 11 sur l'outil 8 est illustrée par une flèche F sur la figure 3.

[0028] Dans le mode de réalisation particulier de la figure 3 :

- la partie d'outil 10 est fixe. Elle est, par exemple, installée sur un support usuel non représenté ; et
- la partie d'outil 9 est mobile. La partie d'outil 9 peut être déplacée dans le sens montré par une flèche G, sous l'action (illustrée par la flèche F) du système d'actionnement 11.

[0029] Dans un premier mode de réalisation particulier, le système d'actionnement 11 est un système mécanique pour générer une action ou pression mécanique destinée à approcher la partie d'outil 9 mobile de la partie d'outil 10 fixe. Ce système mécanique peut, par exemple, être pourvu d'un piston configuré pour pousser la partie d'outil 9 mobile.

[0030] En outre, dans un deuxième mode de réalisation particulier, le système d'actionnement 11 est un système hydraulique utilisant une injection de fluide (liquide ou gaz) pour générer une pression hydraulique destinée à approcher la partie d'outil 9 mobile de la partie d'outil 10 fixe.

[0031] Par ailleurs, dans un troisième mode de réalisation particulier, le système d'actionnement 11 est un système de dépression utilisant une pompe « à vide » pour aspirer le fluide (liquide ou gaz) et générer une action destinée à rapprocher la partie d'outil 9 mobile de la partie d'outil 10 fixe.

[0032] La partie d'outil 9 comprend des extrémités longitudinales 9A et 9B et la partie d'outil 10 comprend des extrémités longitudinales 10A et 10B. Dans l'exemple de la figure 3, les parties d'outil 9 et 10 sont agencées de sorte que leurs extrémités longitudinales 9A et 10B sont en regard l'une de l'autre.

[0033] La pièce 2 est réalisée à partir d'une plaque 12, par exemple une tôle, en matériau déformable précisé ci-dessous. Pour ce faire, la plaque 12 est fixée sur l'outil 8 du dispositif 1. Plus précisément, la plaque 12, par exemple un tronçon tubulaire présentant deux extrémités longitudinales 12A et 12B, est fixée, comme représenté sur la figure 3 :

- par l'une 12A de ses extrémités longitudinales à l'extrémité longitudinale 10B de la partie d'outil 10 ; et
- par l'autre extrémité longitudinale 12B à l'extrémité longitudinale 9A de la partie d'outil 9.

[0034] Ces fixations peuvent, par exemple, être mises en œuvre par l'intermédiaire de systèmes de pincement aptes à maintenir par pincement les extrémités longitudinales 12A et 12B de la plaque 12 sur les parties d'outil

9 et 10, par exemple à l'aide de contre-plaques (non représentées) vissées sur les extrémités longitudinales 9A et 10B des parties d'outil 9 et 10 en emprisonnant les extrémités longitudinales 12A et 12B de la plaque 12, ou par d'autres moyens mécaniques usuels.

[0035] Lorsque la plaque 12 est fixée par ses extrémités 12A et 12B sur l'outil 8 de la manière précitée, et que les deux parties d'outil 9 et 10 sont approchées l'une de l'autre, notamment lorsque la partie d'outil 9 est approchée de la partie d'outil 10 comme illustré par la flèche G sur la figure 3, la plaque 12 (en matériau déformable) est déformée dans les sens illustré par des flèches H sur la figure 4, à savoir radialement à l'axe longitudinal X-X en s'écartant de cet axe longitudinal X-X, c'est-à-dire radialement vers l'extérieur.

[0036] Plus précisément, la plaque 12 est alors arrondie et bombée, comme visible sur la figure 4.

[0037] Dans le cadre de la présente invention, on entend par matériau déformable, un matériau apte à être soumis à une déformation plastique. Cette déformation peut être réalisée, principalement, sans modification de l'état chimique du matériau. Dans une application préférée, ledit matériau est un matériau métallique, et notamment un alliage de titane ou un alliage d'aluminium.

[0038] Le dispositif 1 comporte également, comme représenté sur les figures 1 et 4 notamment, un moule 14 agencé à la périphérie 8A de l'outil 8, radialement autour de l'outil 8.

[0039] Le moule 14 est pourvu d'une empreinte 15 (creuse) de forme correspondant à la forme de la pièce à fabriquer.

[0040] Dans l'exemple de la figure 4, l'empreinte 15 présente la forme d'une cavité annulaire dont la face interne 16 est pourvue d'un fond 17 et débouche sur une ouverture 18. Le moule 14 avec son empreinte 15 est agencé de sorte que l'ouverture 18 est orientée pour être en regard de la plaque 12 arrondie, c'est-à-dire radialement vers l'intérieur. Ainsi, la plaque 12 peut pénétrer dans l'empreinte 15 via l'ouverture 18 comme représenté sur la figure 4, afin d'être plaquée contre la face interne 16 de l'empreinte 15 jusqu'au fond 17 comme représenté sur la figure 1.

[0041] Le dispositif 1 comporte également, comme montré schématiquement sur la figure 4, un système de déplacement 19 configuré pour générer une action destinée à pousser la plaque 12 radialement vers l'extérieur, comme illustré par les flèches H. Cette action a pour but d'agir sur la plaque 12 arrondie pour la déformer jusqu'à la plaquer contre la face interne 16 de l'empreinte 15 du moule 14 afin qu'elle épouse la forme de ladite face interne 16, comme montré sur la figure 1. Une telle action permet donc de déformer la plaque 12 arrondie (en matériau déformable), par déformation plastique, de manière à lui conférer la forme de l'empreinte 15, représentant la forme définitive d'une partie importante de la pièce 2 à fabriquer ou de toute la pièce 2 à fabriquer.

[0042] Dans un premier mode de réalisation, représenté sur la figure 5, le système de déplacement 19 com-

prend une unité d'alimentation en fluide 20. Cette unité d'alimentation en fluide 20 utilise un fluide (liquide ou gaz) externe à l'outil 8 et au moule 14, qui est stocké dans un réservoir 21 et est transmis via une conduite 22. L'unité d'alimentation en fluide 20 est configurée pour injecter un volume croissant de ce fluide dans une enceinte fermée de l'outil 8 et formée, par exemple, par les parties d'outil 9 et 10 et par la plaque 12, afin de générer une pression sur la face 12C radialement interne de la plaque 12, destinée à pousser la plaque 12 contre l'empreinte 15.

[0043] En outre, dans un second mode de réalisation, représenté schématiquement sur la figure 4, le système de déplacement 19 comprend une unité de déplacement de fluide 23. Cette unité de déplacement de fluide 23 utilise un fluide (liquide ou gaz) situé dans une cavité 24 close (figure 1) à l'intérieur de l'outil 8. La cavité 24 est formée par la plaque 12 et les parties d'outil 9 et 10. L'unité de déplacement de fluide 23 est configurée pour que, lors du rapprochement des deux parties d'outil 9 et 10 l'une de l'autre, le volume de la cavité 24 est réduit de manière à comprimer ce fluide qui génère alors une pression sur la face radialement interne de la plaque 12. Cette pression permet de pousser la plaque 12 contre l'empreinte 15.

[0044] Dans le cadre de la présente invention, le moule 14 agencé à la périphérie 8A (radialement externe) de l'outil 8, peut être réalisé de différentes manières.

[0045] De préférence, le moule 14 comprend une coquille (pourvue de l'empreinte 15) qui est formée de plusieurs parties de coquille (individuelles) aptes, d'une part, à être séparées les unes des autres et, d'autre part, à être assemblées. Chacune de ces parties de coquille comprend une partie d'empreinte. Ces parties d'empreinte sont telles que l'empreinte 15 est complètement reconstituée lorsque les différentes parties de coquille sont assemblées en étant amenées en contact les unes des autres.

[0046] Dans un premier mode de réalisation, représenté sur la figure 5, le moule 14 comporte deux parties de coquille 25 et 26, de préférence deux demi-coquilles. Chacune de ces parties de coquille 25 et 26 comprend, respectivement, une partie d'empreinte 27, 28. L'empreinte 15 est donc reconstituée lorsque les deux parties de coquille 25 et 26 sont amenées en contact l'une de l'autre, comme représenté sur la figure 5.

[0047] La demi-coquille 25 est fixée à la périphérie de la partie d'outil 9, c'est-à-dire radialement à l'extérieur, par l'intermédiaire d'une face de liaison 25A. La fixation est, par exemple, réalisée par soudage ou par boulonnage.

[0048] De plus, la demi-coquille 26 est fixée à la périphérie de la partie d'outil 10, c'est-à-dire radialement à l'extérieur, par l'intermédiaire d'une face de liaison 26A. La fixation est également réalisée, par exemple, par soudage ou par boulonnage.

[0049] Les demi-coquilles 25 et 26 sont fixées de sorte que, lorsque les deux parties d'outil 9 et 10 arrivent à leur

position de rapprochement maximale, comme représenté sur la figure 5, les faces opposées 25B et 26B des demi-coquilles 25 et 26 viennent en contact l'une de l'autre, et le moule 14 est reformé avec son empreinte 15 (constituée des parties d'empreinte 27 et 28) complètement reconstituée.

[0050] Dans cette position de la figure 5, la plaque 12 peut être plaquée contre l'empreinte 15.

[0051] Dans un deuxième mode de réalisation, représenté sur les figures 6 et 7, le moule 14 comprend une pluralité de parties de coquille 29, 30, 31 et 32, dont chacune est liée, de façon mobile, à l'une desdites parties d'outil 9 et 10, et un système d'actionnement mécanique 33, par exemple un système à bielles et cames.

[0052] On entend par « liée de façon mobile » le fait que la partie de coquille 29, 30, 31 et 32 considérée reste liée à la partie d'outil 9, 10 correspondante, mais qu'elle est apte à être déplacée par rotation (comme montré par des flèches I sur les figures 6 et 7) et/ou par translation (comme montré par des flèches J sur les figures 6 et 7) par l'intermédiaire du système d'actionnement 33, dont l'action est illustrée par une flèche 34 en trait mixte. Ainsi, chacune de ces parties de coquille 29 à 32 mobiles est apte à prendre au moins deux positions différentes, à savoir une position écartée (de la partie d'outil correspondante) et une position assemblée, et est apte à être déplacée de l'une à l'autre de ces positions par rotation et/ou par translation.

[0053] Lorsque toutes les parties de coquille sont amenées dans la position assemblée, le moule 14 est reformé avec son empreinte 15 complètement reconstituée.

[0054] En fonction du mode de réalisation, les parties de coquille peuvent être amenées dans la position assemblée, soit au cours du rapprochement des deux parties d'outil 9 et 10, soit à la fin dudit rapprochement.

[0055] Dans l'exemple des figures 6 et 7, le moule 14 comprend un ensemble 35 de parties de coquille 29 et 30 liées (de façon mobile) à la partie d'outil 9 et un ensemble 36 de parties de coquille 31 et 32 liées (de façon mobile) à la partie d'outil 10.

[0056] Dans l'exemple des figures 6 et 7, chaque ensemble 35, 36 de parties de coquille comporte une pluralité de parties de coquille en forme d'arc de cercle, par exemple quatre parties de coquille comme pour l'ensemble 35 représenté partiellement sur la figure 7. Les parties de coquille d'un ensemble 35, 36 forment une demi-coquille lorsqu'elles sont amenées en contact les unes des autres. Les deux demi-coquilles (obtenues respectivement à partir des deux ensembles 35 et 36) permettent de former le moule 14.

[0057] En outre, dans une variante de réalisation (non représentée), certaines des parties de coquille du moule peuvent être fixées aux parties d'outil 9 et 10 comme dans le premier mode de réalisation précité, et les autres parties de coquille du moule peuvent être liées de façon mobile aux parties d'outil 9 et 10 comme dans le deuxième mode de réalisation précité.

[0058] Par ailleurs, dans un troisième mode de réali-

sation, le dispositif 1 comporte un système d'actionnement auxiliaire 39 représenté sur la figure 1.

[0059] Dans ce troisième mode de réalisation, le moule 14 comprend une pluralité de parties de coquille 37, 38 en forme d'arc de cercle, par exemple quatre parties de coquille, qui peuvent amenées en contact par l'intermédiaire du système d'actionnement auxiliaire 39 (dont l'action est illustrée par une flèche 40 en trait mixte), pour reconstituer le moule 14.

[0060] Dans ce troisième mode de réalisation, les parties de coquille 37 et 38 sont, initialement, écartées radialement (vers l'extérieur) de l'outil 8. Le système d'actionnement auxiliaire 39 est configuré pour déplacer les parties de coquille 37 et 38, dans le sens illustré par des flèches K sur la figure 1, afin de les amener en contact les unes des autres pour former le moule 14 et de les amener en contact de la périphérie 8A de l'outil 8.

[0061] Dans les exemples représentés sur les figures 1, 4, 5 et 6 notamment, le moule 14 et l'empreinte 15 présentent une forme telle qu'ils sont aptes à fabriquer une pièce 42 (figure 8) sensiblement en forme de couronne. Cette pièce 42 permet, après des découpes le long de lignes 43 représentées sur la figure 1, de former deux pièces 2 telles que représentées sur la figure 8. Chacune de ces deux pièces 2 est identique à la pièce 2 montrée sur la figure 2.

[0062] Dans la cadre de la présente invention, le moule 14 et l'empreinte 15 peuvent présenter des formes et/ou des tailles appropriées permettant de fabriquer des pièces de tailles et/ou de formes variées. En plus de pièces annulaires, ils peuvent également fabriquer, par exemple, des pièces rectilignes, des pièces courbes notamment en arc de cercle ou des pièces de forme quelconque. De plus, la profondeur et/ou la taille des pièces peuvent être très variées.

[0063] Dans le cadre de la présente invention, la fabrication mise en œuvre par le dispositif 1, tel que décrit ci-dessus, peut être réalisée à froid. Le dispositif 1 est alors utilisé à température ambiante.

[0064] Dans le cadre de la présente invention, la fabrication peut également être réalisée à chaud. Pour ce faire, dans un mode de réalisation particulier, le dispositif 1 comporte, de plus, un four 41 représenté schématiquement sur la figure 4. Ce four 41 est apte à recevoir l'outil 8 et le moule 14, et il est configuré pour générer une température prédéterminée, par exemple entre 500°C et 950°C. Ce mode de réalisation particulier permet donc de réaliser une fabrication de la pièce 2, en chauffant la plaque 12 avant sa déformation et lors de sa déformation.

[0065] Dans une première variante de ce mode de réalisation particulier, seule la plaque 12 est positionnée dans le four, l'outil 8 et le moule 14 étant laissés à température ambiante. Cette variante de réalisation permet donc de réaliser une fabrication de la pièce 2, en chauffant uniquement la plaque 12 avant qu'elle soit positionnée et déformée dans le moule 14.

[0066] Dans une seconde variante de réalisation, le moule 14 peut être un moule chauffant et être configuré

pour chauffer directement la plaque 12. Cette variante de réalisation permet donc de réaliser une fabrication à chaud sans utiliser de four.

[0067] Le dispositif 1, tel que décrit ci-dessus, est apte à mettre en œuvre un procédé P de fabrication d'une pièce en matériau déformable, par exemple telle que celle représentée sur la figure 2.

[0068] A cet effet, le procédé P comporte, comme représenté sur la figure 9, les étapes suivantes :

- une étape de déformation E1 consistant à fixer une plaque 12 en matériau déformable par deux de ses extrémités, respectivement, aux deux parties d'outil 9 et 10 de l'outil 8. L'étape de déformation E1 consiste également à approcher les deux parties d'outil 9 et 10 l'une de l'autre, à l'aide au système d'actionnement 11, afin d'arrondir la plaque 12 ; et
- une étape de formage E2 consistant à plaquer la plaque 12 contre l'empreinte 15 d'un moule 14 qui est agencé à la périphérie de l'outil 8, afin que la plaque 12 épouse la forme de l'empreinte 15.

[0069] L'empreinte 15 présentant une forme correspondant à la forme d'au moins une partie de la pièce 2 à fabriquer et étant orientée pour être en regard de la plaque 12 arrondie, cette action permet de mettre en forme la plaque 12 arrondie de manière à lui conférer sa forme définitive.

[0070] Le procédé P comporte également une étape de finition E3 consistant à démouler la pièce obtenue à la fin de l'étape de formage E2 et à mettre en œuvre des opérations de finition sur ladite pièce, en particulier en découpant des parties de matière en excédant le cas échéant et/ou en réalisant des découpes selon des lignes 43 (montrées sur la figure 1) pour obtenir deux pièces 2. A la fin de l'étape de finition E3, on obtient la ou les pièces 2 fabriquées par le procédé P.

[0071] Dans un premier mode de réalisation, l'étape de formage E2 est réalisée après l'étape de déformation E1.

[0072] En outre, dans un second mode de réalisation, l'étape de déformation E1 et l'étape de formage E2 sont réalisées, au moins en partie, simultanément.

[0073] Par ailleurs, la fabrication mise en œuvre par le procédé P peut être réalisée à froid ou à chaud.

[0074] Lorsque la fabrication est réalisée à chaud, on intègre l'outil 8 et le moule 14 dans le four 41, comme représenté sur la figure 4, et au moins l'étape de formage E2 est réalisée à chaud, c'est-à-dire à la température générée par le four 41.

[0075] Dans une première variante, seule la plaque 12 est intégrée dans le four, l'outil 8 et le moule 14 étant laissés à température ambiante. Dans ce cas, la plaque 12 est tout d'abord chauffée dans le four, puis positionnée dans le moule 14 afin d'être déformée.

[0076] Dans une seconde variante, il est envisagé d'utiliser un moule 14 chauffant.

[0077] De préférence, à la fois l'étape de déformation

E1 et l'étape de formage E2 sont réalisées à chaud.

[0078] Le dispositif 1 et le procédé P, tels que décrits ci-dessus, qui permettent de fabriquer des pièces monobloc par déplacement et déformation de matière, présentent de nombreux avantages.

[0079] En particulier, grâce à la génération d'une plaque 12 arrondie (à l'aide de l'outil 8), qui est soumise à un formage dans le moule 14, et grâce à l'agencement du moule 14 à la périphérie de l'outil 8, ce qui permet de prévoir des modes de réalisation différents adaptés aux pièces à fabriquer, le dispositif 1 et le procédé P permettent de fabriquer des pièces 2 de tailles et/ou de formes variées, en particulier des pièces annulaires, des pièces rectilignes, ou des pièces courbes, en particulier en arc de cercle.

[0080] Ils permettent notamment de fabriquer des pièces de très grandes tailles et/ou des pièces profondes, c'est-à-dire avec des parois longitudinales 3 et 4 (figure 2) très longues. Il convient, pour ce faire, de prévoir une empreinte 15 présentant la forme requise et une plaque 12 de longueur suffisante.

[0081] Le dispositif 1 et le procédé P peuvent être utilisés pour fabriquer des pièces en différents matériaux, notamment métalliques, et en particulier en alliage de titane ou en alliage d'aluminium.

[0082] De plus, notamment en raison de l'agencement du moule 14 à la périphérie de l'outil 8, on obtient une répartition équilibrée des contraintes internes dans le dispositif 1.

[0083] En outre, dans un mode de réalisation préféré, utilisant un moule de forme appropriée, le dispositif 1 permet de fabriquer, lors d'une seule mise en œuvre du procédé P, simultanément deux pièces 2 telles que celles représentées sur la figure 8.

Revendications

1. Dispositif de fabrication d'au moins une pièce en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef, **caractérisé en ce qu'il** comporte :

- un outil (8) pourvu de deux parties d'outil (9, 10) dont au moins l'une (9) est mobile, ces deux parties (9, 10) d'outil étant configurées pour pouvoir s'approcher l'une de l'autre et étant aptes à arrondir une plaque (12) en matériau déformable fixée par deux de ses extrémités (12A, 12B) respectivement aux deux parties d'outil (9, 10), lorsque ces deux parties d'outil (9, 10) sont approchées l'une de l'autre ;
- un moule (14) agencé à la périphérie (8A) de l'outil (8) et pourvu d'une empreinte (15) de forme correspondant à la forme d'au moins une partie de la pièce (2) à fabriquer, l'empreinte (15) étant orientée pour être en regard de la plaque (12) arrondie ; et

- un système de déplacement (19) configuré pour plaquer la plaque (12) arrondie contre l'empreinte (15) du moule (14), le moule (14) étant apte mettre en forme la plaque (12) arrondie lorsqu'elle est plaquée contre ladite empreinte (15) de manière à lui conférer sa forme définitive.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

2. Dispositif selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'outil (8) comporte au moins l'un des systèmes d'actionnement (11) suivants pour approcher les deux parties d'outil (9, 10) l'une de l'autre : un système mécanique, un système hydraulique.

3. Dispositif selon l'une des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** le système de déplacement (19) comprend au moins l'une des unités suivantes : une unité d'alimentation en fluide (20), une unité de déplacement de fluide (23).

4. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le moule (14) comprend une pluralité de parties de coquille aptes à être séparées et assemblées, qui sont liées selon l'une des manières suivantes à l'outil (9, 10) :

- au moins l'une (25, 26) desdites parties de coquille est fixée sur l'une desdites parties d'outil (9, 10) ;

- au moins l'une (29, 30, 31, 32) desdites parties de coquille est liée de façon mobile, à l'une desdites parties d'outil (9, 10).

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** le moule (14) comprend une pluralité de parties de coquille (37, 38) aptes à être séparées et assemblées, et **en ce que** ledit dispositif (1) comporte un système d'actionnement auxiliaire (39) configuré pour pouvoir déplacer lesdites parties de coquille (37, 38) afin de les assembler.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'empreinte (15) du moule (14) présente une forme permettant de fabriquer simultanément au moins deux pièces (2).

7. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comporte, de plus, un four (41) apte à chauffer au moins la plaque (12).

8. Procédé de fabrication d'au moins une pièce en matériau déformable, en particulier pour un bord d'un élément d'un aéronef,

caractérisé en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- une étape de déformation (E1) consistant à fixer une plaque (12) en matériau déformable par deux de ses extrémités (12A, 12B) respectivement à deux parties d'outil (9, 10) d'un outil (8) et à approcher les deux parties d'outil (9, 10) l'une de l'autre, afin d'arrondir ladite plaque (12) ; et
 - une étape de formage (E2) consistant à plaquer la plaque (12) arrondie contre une empreinte (15) d'un moule (14) agencé à la périphérie (8A) de l'outil (8), l'empreinte (15) présentant une forme correspondant à la forme d'au moins une partie de la pièce (2) à fabriquer et étant orientée pour être en regard de la plaque (12) arrondie, afin de mettre en forme la plaque (12) arrondie de manière à lui conférer sa forme définitive.
9. Procédé selon la revendication 8, **caractérisé en ce que** l'étape de déformation (E1) et l'étape de formage (E2) sont réalisées, au moins en partie, simultanément.
10. Procédé selon l'une des revendications 8 et 9, **caractérisé en ce qu'**au moins l'étape de formage (E2) est réalisée à chaud.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

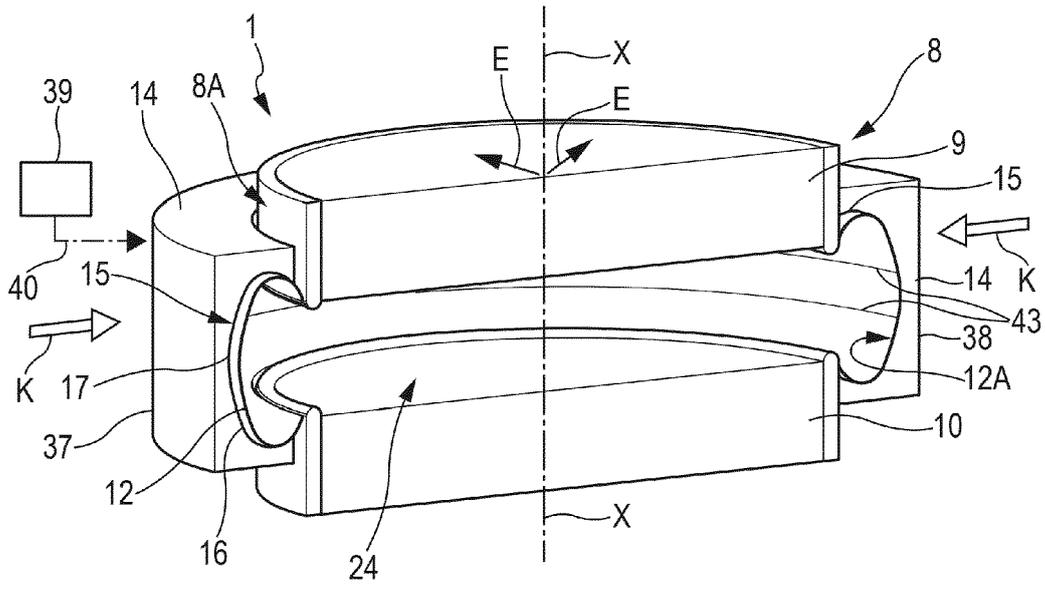


Fig. 1

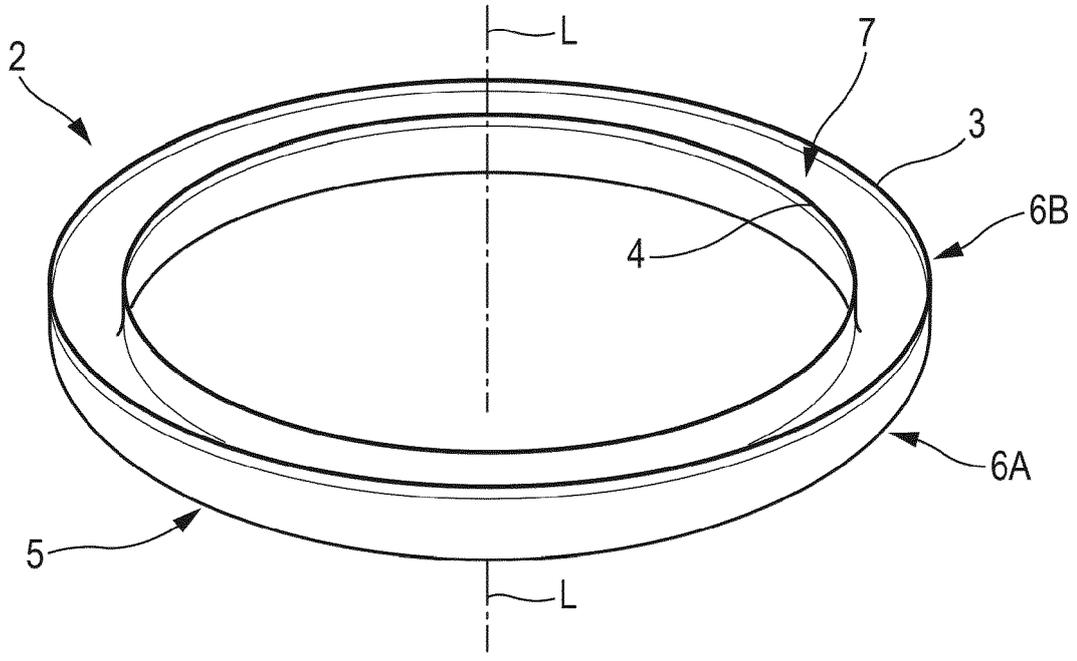
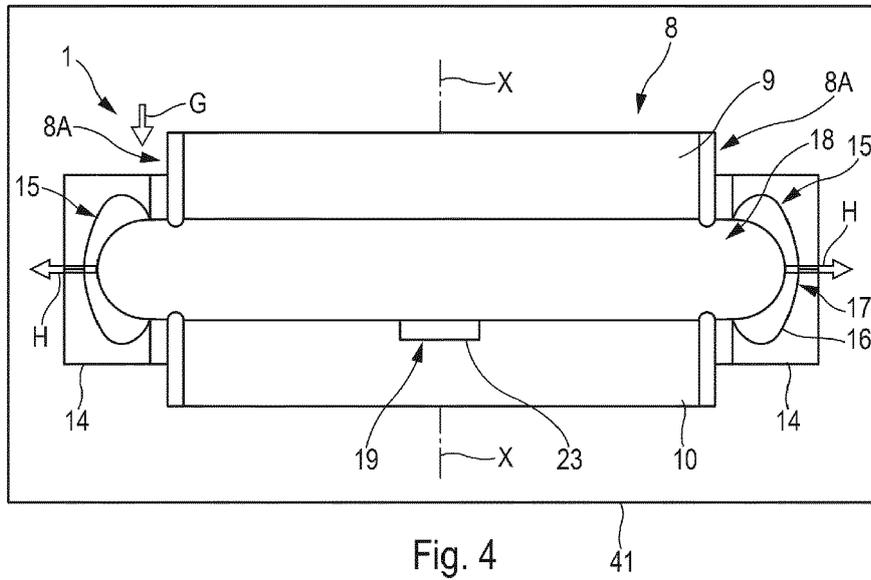
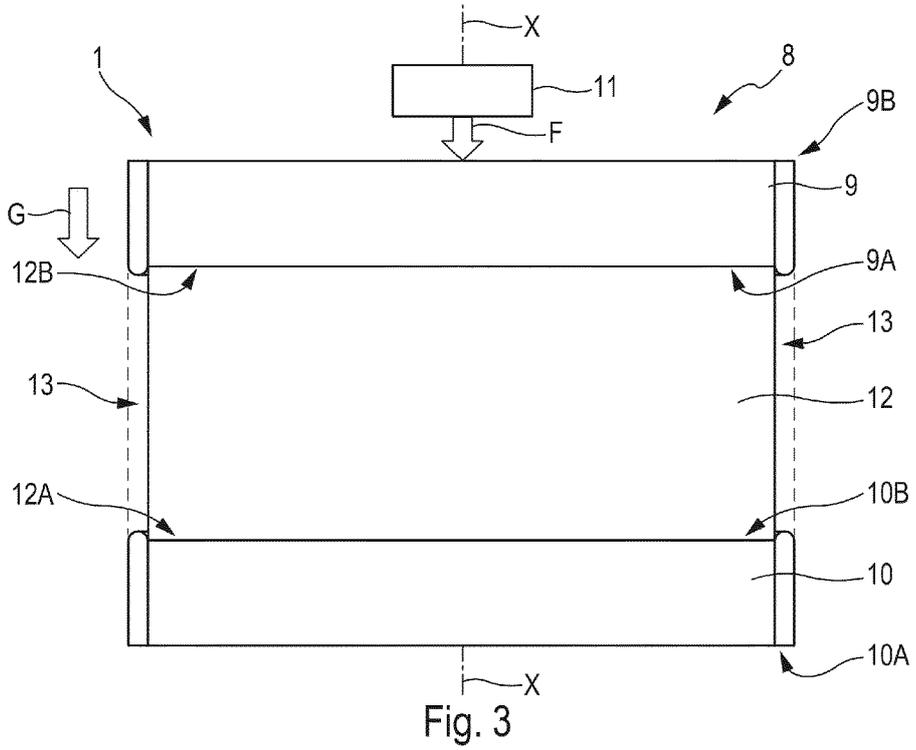


Fig. 2



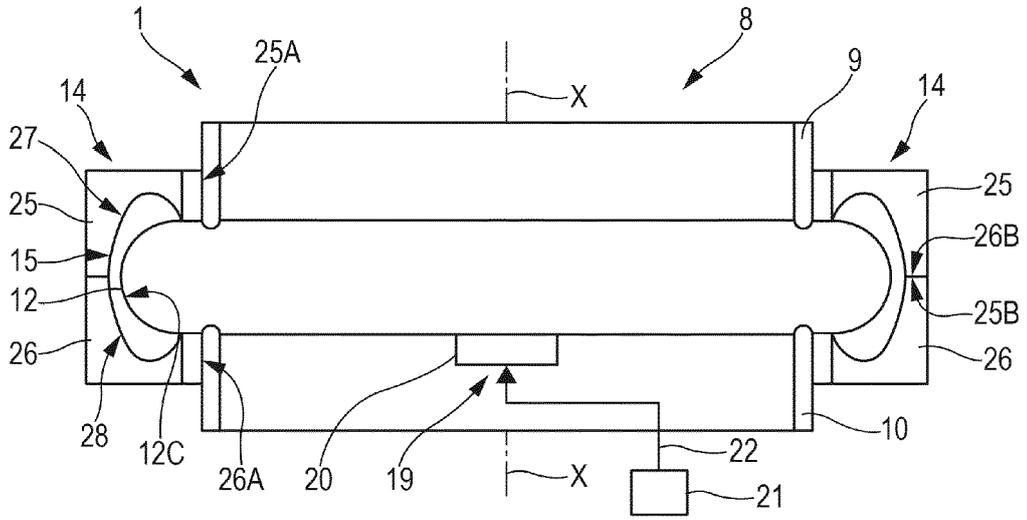


Fig. 5

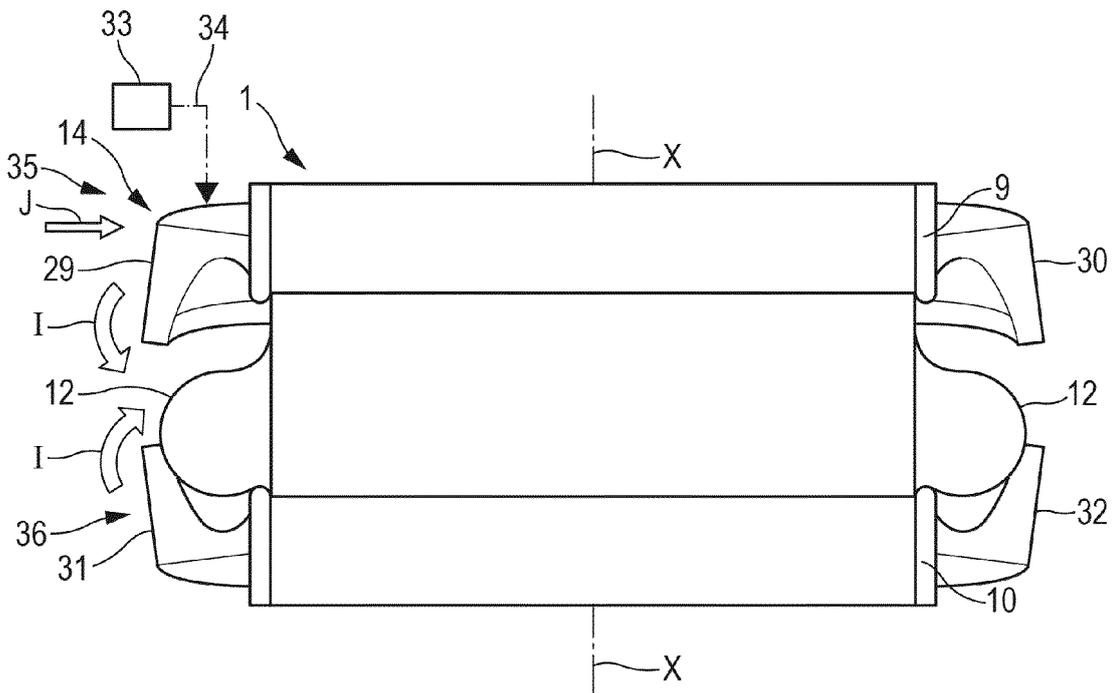


Fig. 6

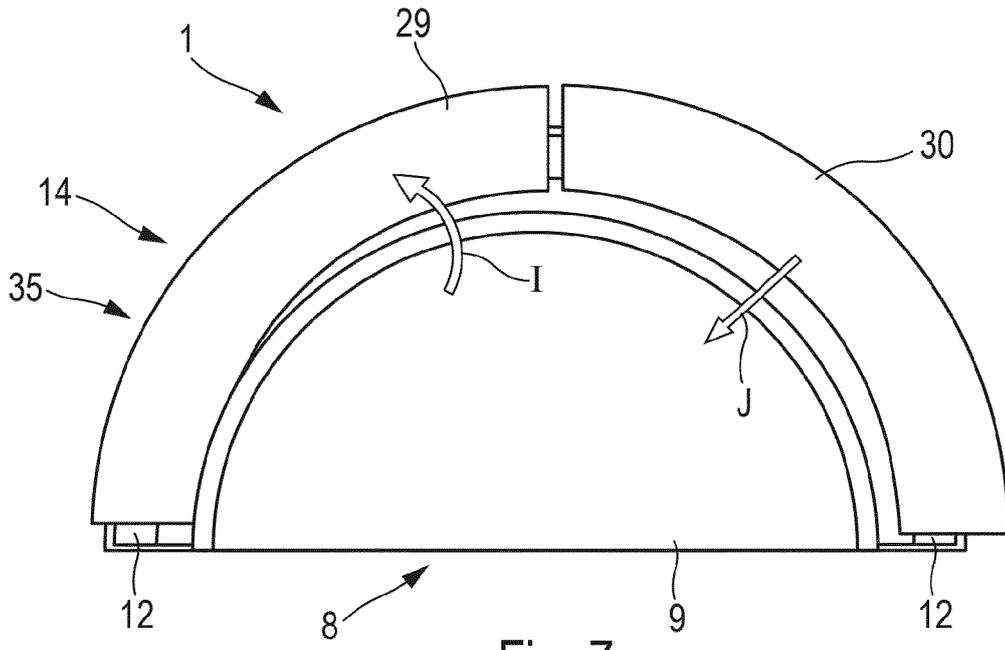


Fig. 7

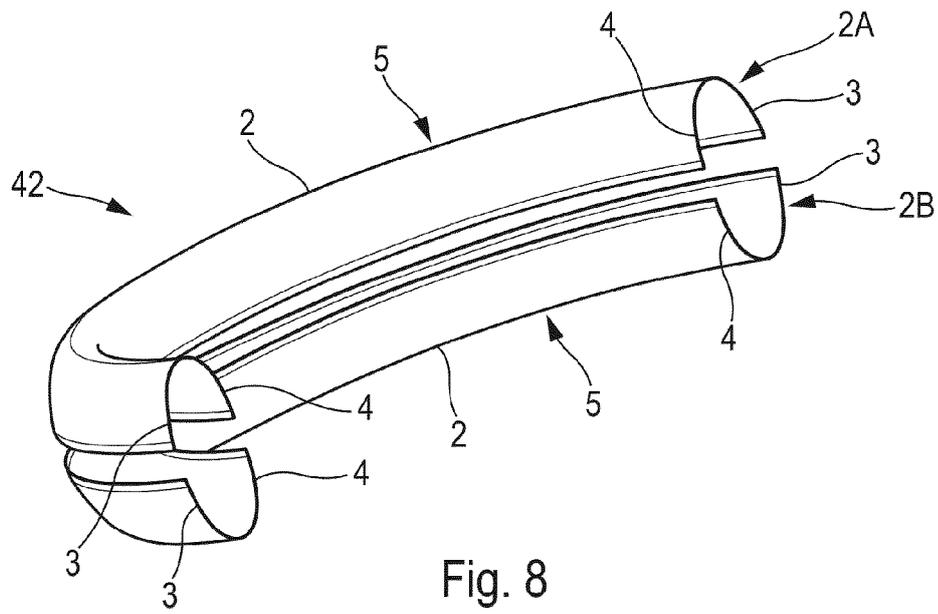


Fig. 8

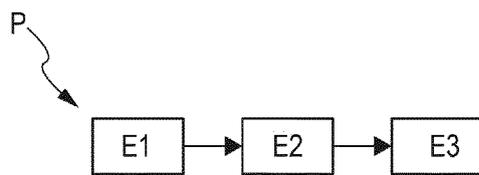


Fig. 9



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 22 18 4523

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	CN 113 020 391 A (UNIV BEIHANG) 25 juin 2021 (2021-06-25)	1-3, 6, 8-10	INV. B21D53/92
A	* alinéa [0045]; revendication 3; figures 1-3 *	4, 5	B21D53/18 B21D26/031 B21D26/047
X	FR 2 975 929 A1 (AIRBUS OPERATIONS SAS [FR]) 7 décembre 2012 (2012-12-07) * page 10, lignes 3-22; revendication 1; figures 1-4 * * page 8, lignes 16-19 * * page 9, lignes 12, 13 *	1, 2, 6-10	B21D22/22 B21D22/06
X	EP 3 485 996 A1 (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP [JP]) 22 mai 2019 (2019-05-22) * alinéas [0183], [0199] - [0201]; figures 24A-24E *	1, 2, 6, 8-10	
X	US 2007/084538 A1 (NAKAZAWA KAZUMA [JP] ET AL) 19 avril 2007 (2007-04-19) * figures 6A, 6B *	1-3, 6, 8, 9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
			B21D B64D F02C
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche Munich		Date d'achèvement de la recherche 22 juillet 2022	Examineur Vassoille, Philippe
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

1
EPO FORM 1503 03.82 (F04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.

EP 22 18 4523

5 La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

22-07-2022

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 113020391 A	25-06-2021	AUCUN	

FR 2975929 A1	07-12-2012	AUCUN	

EP 3485996 A1	22-05-2019	BR 112019000147 A2	24-04-2019
		CA 3029512 A1	18-01-2018
		CN 109475915 A	15-03-2019
		EP 3485996 A1	22-05-2019
		JP 6468369 B2	13-02-2019
		JP WO2018012603 A1	12-07-2018
		KR 20190020125 A	27-02-2019
		RU 2714357 C1	14-02-2020
		US 2019300060 A1	03-10-2019
		WO 2018012603 A1	18-01-2018

US 2007084538 A1	19-04-2007	EP 1695814 A1	30-08-2006
		JP WO2005046976 A1	31-05-2007
		US 2007084538 A1	19-04-2007
		WO 2005046976 A1	26-05-2005

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82