



(22) Date de dépôt/Filing Date: 2010/12/15

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2011/06/16

(30) Priorité/Priority: 2009/12/16 (FR09 06076)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *B64F 5/00* (2006.01)

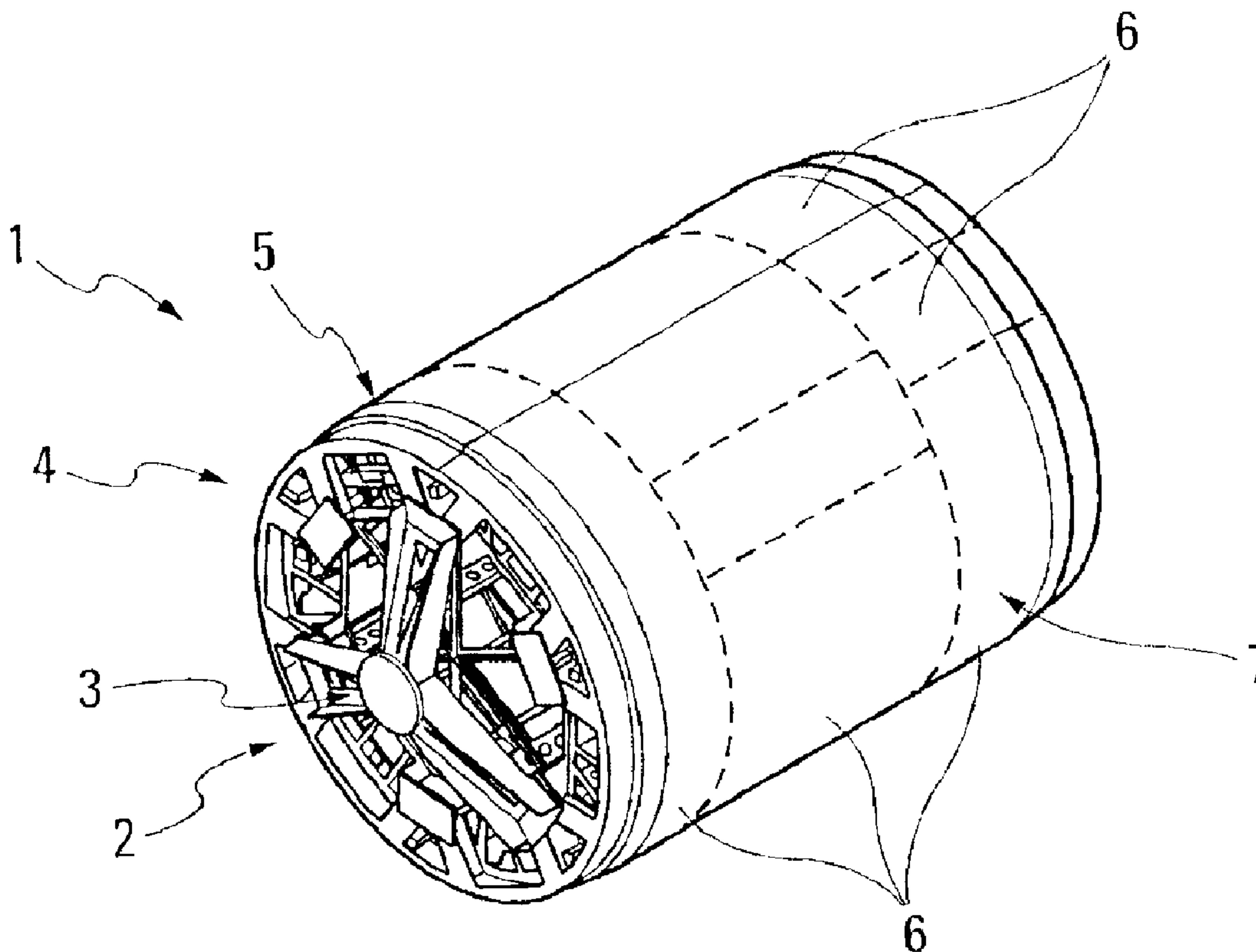
(71) Demandeur/Applicant:
AIRBUS OPERATIONS (SAS), FR

(72) Inventeurs/Inventors:
MEYER, CEDRIC, FR;
GAUDIN, JOCELYN, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : OUTILLAGE POUR LA FABRICATION D'UN PANNEAU EN MATERIAU COMPOSITE, EN PARTICULIER D'UN FUSELAGE D'AERONEF

(54) Title: EQUIPMENT FOR MANUFACTURING A COMPOSITE PANEL, PARTICULARLY FOR AIRCRAFT FUSELAGE



(57) Abrégé/Abstract:

- Outillage pour la fabrication d'un panneau en matériau composite, en particulier d'un fuselage d'aéronef.

- L'outillage (1) comporte un moule (2) muni d'une partie fixe (4) et une pluralité de modules (6) amovibles susceptibles d'être agencés sur cette partie fixe (4).

A B R É G É

- Outillage pour la fabrication d'un panneau en matériau composite, en particulier d'un fuselage d'aéronef.
- L'outillage (1) comporte un moule (2) muni d'une partie fixe (4) et une pluralité de modules (6) amovibles susceptibles d'être agencés sur cette partie fixe (4).

**Outillage pour la fabrication d'un panneau en matériau composite,
en particulier d'un fuselage d'aéronef.**

5 La présente invention concerne un outillage comprenant un moule qui est destiné à la fabrication d'un panneau en matériau composite.

Bien que non exclusivement, la présente invention s'applique plus particulièrement à un outillage qui est utilisé pour fabriquer un panneau de fuselage d'un aéronef, notamment d'un avion de transport.

10 La fabrication de panneaux en matériau composite comprend notamment une étape de drapage de la peau, pour laquelle deux types de moule monobloc peuvent être utilisés :

- un moule dit mâle, avec lequel on commence par mettre en place le cas échéant des raidisseurs. Ceux-ci peuvent notamment être précurts. Dans le cas de raidisseurs précurts, il convient d'ajouter un pli de colle aux interfaces
- 15 peau/raidisseurs. Pour le drapage, on commence par draper l'intérieur de la peau du panneau, et on finit par l'extérieur ; et
- un moule dit femelle, avec lequel on commence par draper l'extérieur de la peau (surface aérodynamique). Une fois la peau drapée, on pose les raidisseurs sur la face interne.

20 L'utilisation d'un outillage femelle (c'est-à-dire qui comprend un moule femelle) présente de nombreux inconvénients :

- il ne permet pas de draper des sections de fuselage dépassant 180°. En particulier, cet outillage femelle ne peut pas être utilisé pour fabriquer un tronçon de fuselage d'une seule pièce (dit «one-shot» en anglais) ;
- 25 – un moule femelle est plus volumineux qu'un moule mâle (d'environ 20%). Il est donc plus lourd et plus coûteux. En outre, le temps de mise en température en autoclave est plus long (augmentation des coûts récurrents et des cycles de fabrication), et il nécessite des autoclaves de plus grandes dimensions (augmentation des coûts non récurrents) ; et

- un moule femelle nécessite l'utilisation d'un outillage de maintien des lisses qui est complexe, contrairement à un moule mâle, dont les empreintes des lisses sont directement usinées dans le moule.

Les inconvénients précédents relatifs à l'emploi de moules femelles (coûts, mise en œuvre) font que l'utilisation de moules mâles tend à se généraliser.

Toutefois l'utilisation d'un outillage mâle présente deux problèmes par rapport à celle d'un outillage femelle :

- a) la surface externe du fuselage étant en contact avec le moule d'un outillage femelle, l'état de surface obtenu est impeccable, ce qui garantit notamment une faible traînée ; ceci n'est pas le cas pour un outillage mâle ; et
- b) dans le cas de la réalisation d'un panneau de fuselage d'avion, la fabrication de l'outillage femelle peut commencer dès que le profil aérodynamique de l'avion est figé ; contrairement à un moule mâle, pour lequel le design définitif de l'avion doit être figé avant de pouvoir concevoir l'outillage (car on commence par draper l'intérieur de la peau).

Le problème a) précité d'un outillage mâle, lié à l'état de surface de la peau externe, peut être résolu par l'utilisation de plaques dites «cawl-plates», qui sont placées sur la surface externe et qui ont pour but d'homogénéiser la pression appliquée sur le revêtement et de drainer correctement la résine.

En revanche, le problème b) lié à la durée de réalisation d'un outillage mâle destiné à la fabrication d'un panneau de fuselage d'avion, notamment d'un avion de transport, n'est pas résolu.

En effet, la réalisation des outillages nécessaires à la fabrication d'un fuselage est une phase longue, généralement de l'ordre de dix-huit mois. Pour un outillage mâle, il est nécessaire d'avoir définitivement fixé le design de l'avion pour pouvoir lancer la conception détaillée de l'outillage. En particulier, les renforts locaux sous lisses et cadres, les renforts locaux aux hublots et aux encadrements de porte,... doivent être figés, car ils conditionnent le diamètre extérieur du moule dans de nombreuses zones.

Le fait de devoir attendre la définition définitive de ce design, avant de pouvoir lancer la conception et la fabrication de l'outillage mâle, repousse d'environ dix-huit mois l'assemblage du fuselage (à partir des panneaux en matériau composite obtenus à l'aide de l'outillage mâle), ce qui n'est compatible ni avec les demandes du marché, ni avec les objectifs des avionneurs.

Ce problème n'existe pas avec un outillage femelle, pour lequel seule la définition définitive de la surface externe, qui est figée beaucoup plus tôt que le design de l'avion (généralement de quelques années), est nécessaire pour lancer la réalisation de cet outillage femelle.

La présente invention concerne un outillage de type mâle destiné à la fabrication d'un panneau en matériau composite, en particulier un panneau de fuselage d'aéronef, qui permet de remédier aux inconvénients précités, et notamment de pouvoir être réalisé beaucoup plus tôt dans le cycle de fabrication d'un fuselage d'aéronef qu'un outillage mâle usuel.

A cet effet, selon l'invention, ledit outillage mâle qui comprend un moule de type mâle muni d'un moyeu, est remarquable en ce que ledit moule comporte, de plus, un élément intermédiaire qui entoure au moins en partie ledit moyeu et qui est solidaire par sa face interne de ce dernier, et une pluralité de modules amovibles qui sont susceptibles d'être juxtaposés et fixés sur la face externe dudit élément intermédiaire de sorte que la surface externe de l'ensemble formé alors (élément intermédiaire et modules) est conforme à la surface interne du panneau à fabriquer.

Ainsi, grâce à l'invention, on obtient un outillage mâle qui comporte une partie fixe (moyeu et élément intermédiaire) sur laquelle peuvent être fixés des modules amovibles interchangeables, la définition précise de ces modules pouvant évoluer avec la définition de l'aéronef.

Par conséquent, on obtient un outillage mâle qui est flexible dans le sens où l'on peut lancer sa fabrication, à savoir celle de ladite partie fixe, en amont par rapport à la fabrication d'un outillage mâle monobloc usuel, tout en autorisant la prise en compte de changements de design qui apparaissent tard dans le cycle de

développement de l'aéronef, ces changements de design étant alors intégrés dans les modules interchangeables qui peuvent être réalisés plus facilement, plus rapidement et à coût réduit. Cette flexibilité de l'outillage permet de conserver des possibilités d'évolution tardive de la conception, notamment pour réduire la masse ou renforcer certaines zones.

La présente invention facilite également, en raison de la modularité de l'outillage, sa réparation et/ou sa maintenance. En effet, tout module usé ou endommagé peut être facilement remplacé, ce qui n'est pas le cas pour un outillage monobloc usuel.

Dans le cadre de la présente invention, lesdits modules peuvent être fixés de différentes manières sur ledit élément intermédiaire, et notamment au moyen de fixations mécaniques (vis,...) et/ou d'un système magnétique.

En outre, en particulier pour éviter des phénomènes liés à des dilatations thermiques relatives, de façon avantageuse, ledit élément intermédiaire et lesdits modules amovibles sont réalisés en un même matériau.

Bien que non exclusivement, l'outillage conforme à l'invention est plus particulièrement destiné à la fabrication d'un panneau de fuselage d'un aéronef, notamment d'un avion de transport. Dans ce cas, dans un mode de réalisation particulier, ledit outillage comporte au moins certains des types de module suivants :

- un module pour au moins une zone renforcée en bord de panneau de fuselage ;
- un module pour au moins une zone renforcée sous lisses et sous cadres ;
- un module pour au moins une zone renforcée à un hublot ; et
- un module définissant un encadrement de porte.

La présente invention concerne également un procédé de réalisation d'un outillage qui est destiné à la fabrication d'un panneau pour aéronef, notamment un panneau de fuselage, ledit outillage comportant un moule de type mâle muni d'une partie fixe (comprenant un moyeu et un élément intermédiaire) et d'une pluralité de modules amovibles qui sont susceptibles d'être fixés sur ladite partie fixe. Selon ce procédé :

- on réalise ladite partie fixe, dans une phase amont du cycle de développement de l'aéronef, qui est antérieure à la définition définitive du design de l'aéronef ; et
- on réalise lesdits modules amovibles postérieurement à ladite définition définitive du design de l'aéronef, lesdits modules étant ensuite fixés sur ladite partie fixe de l'outillage.

Ainsi, grâce à ce procédé, on peut lancer la réalisation de ladite partie fixe bien en amont par rapport à la fabrication d'un outillage mâle monobloc usuel, tout en étant en mesure de prendre en compte des changements de design qui apparaissent tard dans le cycle de développement de l'aéronef, ces changements de design étant intégrés dans les modules interchangeable.

En outre, avantageusement, lors d'une modification du design de l'aéronef (engendrant un nouveau design), on remplace, sur ladite partie fixe de l'outillage, les modules amovibles touchés par cette modification, par de nouveaux modules qui ont été réalisés de manière à présenter des caractéristiques appropriées, adaptées à ce nouveau design.

Ainsi, si par exemple une partie d'un panneau (ou du fuselage) doit être modifiée, notamment renforcée, au niveau d'une zone particulière du panneau, il suffit de définir et d'usiner un ou plusieurs nouveaux modules qui présentent les caractéristiques appropriées, et les fixer au niveau de la partie du moule correspondant à cette zone particulière du panneau.

Les figures du dessin annexé 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 schématique, en perspective, de la partie fixe d'un outillage conforme à l'invention.

La figure 2 montre une partie fixe d'un outillage, sur laquelle on a représenté schématiquement des modules interchangeables.

La figure 3 illustre schématiquement une partie d'un outillage conforme à l'invention.

La figure 4 montre une zone de la figure 3, sur laquelle sont représentés des moyens de fixation.

L'outillage 1 conforme à l'invention et représenté schématiquement, en partie, sur la figure 1, est destiné à la fabrication d'un panneau en matériau composite. De préférence, ce panneau est un panneau de fuselage ou de voilure d'un aéronef, notamment d'un avion de transport. Toutefois, il peut également s'agir d'un panneau en matériau composite utilisé dans un autre domaine technique, tel que la construction de véhicules ferroviaires par exemple.

Cet outillage 1 comprend un moule 2 de type mâle qui est muni, de façon usuelle, d'un moyeu 3.

Un tel outillage 1 est destiné au drapage d'une peau en matériau composite. Pour réaliser un tel drapage, l'outillage 1 coopère avec une tête de placement (non représentée) qui est destinée à déposer une fibre pré-imprégnée de résine sur ledit moule 2. Pour ce faire, un mouvement relatif est engendré entre l'outillage 1 et la tête de placement. Généralement, l'outillage 1 est fixe et la tête de placement est déplacée par rapport à ce dernier, l'inverse pouvant également être mis en œuvre. Après la réalisation de ce dépôt, le matériau déposé, qui est thermodurcissable, est chauffé à l'aide de techniques usuelles, non décrites davantage.

Comme ledit outillage 1 est de type mâle, la partie du panneau qui est au contact de la face externe du moule 2 correspond à la surface interne de ce panneau, en particulier lorsqu'il est destiné à la fabrication d'un tronçon de fuselage d'un aéronef, notamment d'un avion de transport. Par conséquent, avec un tel outillage 1 de type mâle, on commence par draper l'intérieur de la peau du fuselage et on finit par draper l'extérieur (correspondant à la surface externe aérodynamique). Ledit outillage 1 peut être utilisé dans toute technique usuelle employant un outillage mâle de ce type.

Selon l'invention, le moule 2 de l'outillage 1 comporte :

- une partie fixe 4 qui est formée dudit moyeu 3 (qui est représenté en grisé sur la figure 1) et d'un élément intermédiaire 5, en forme de plaque, qui épouse la forme externe dudit moyeu 3 et qui est fixé sur au moins une partie de ce dernier ; et
- 5 – une pluralité de modules 6 amovibles qui sont susceptibles d'être juxtaposés et fixés sur la face externe 5A dudit élément intermédiaire 5, comme représenté schématiquement sur la figure 2, de sorte que la surface externe 7 de l'ensemble formé par ledit élément intermédiaire 5 et lesdits modules 6 amovibles soit conforme à la surface interne du panneau (en matériau composite) à fabriquer.

10 Par conséquent, grâce à l'invention, et notamment grâce à la définition d'une partie fixe 4 non amovible et de modules 6 amovibles, on obtient un outillage mâle 1 qui est flexible. Ainsi, on peut lancer la fabrication de ladite partie fixe 4, bien plus tôt que celle d'un outillage mâle monobloc usuel, et ceci avant que le design définitif de l'aéronef soit figé. De plus, ledit outillage 1 permet la prise en compte de

15 changements de design qui apparaissent tard dans le cycle de développement de l'aéronef. Ces changements de design sont, en effet, intégrés dans les modules interchangeables 6 qui peuvent être réalisées plus facilement, plus rapidement, et à coût réduit. La définition précise de ces modules 6 peut évoluer avec la définition de l'aéronef. Cette flexibilité de l'outillage 1 permet de conserver des possibilités

20 d'évolution tardive de la conception, notamment pour réduire la masse ou renforcer certaines zones.

Généralement, pour réaliser un tronçon de fuselage, on forme (à l'aide d'un outillage 1 dont seule une partie de la surface externe est utilisée pour le drapage) une pluralité de panneaux cintrés, que l'on fixe ensuite ensemble pour former ledit

25 tronçon. Toutefois, dans un mode de réalisation particulier, il est également possible de prévoir un outillage 1 présentant les caractéristiques précitées conformes à l'invention et permettant de réaliser un tronçon de fuselage en une seule pièce.

Dans un mode de réalisation particulier :

- ledit moyeu 3 est fabriqué en acier ; et

– ledit élément intermédiaire 5 est fabriqué, par exemple, en aluminium, en un matériau nommé INVAR qui est un matériau métallique à très faible coefficient de dilation thermique, ou en un matériau nommé BMI qui est un matériau composite haute température.

5 De plus, en particulier pour éviter des phénomènes liés à des dilatations thermiques relatives, ledit élément intermédiaire 5 et lesdits modules 6 amovibles sont réalisés, de préférence, en un même matériau.

Comme illustré sur la figure 2, les modules amovibles 6 sont susceptibles d'être fixés, en étant répartis selon la circonférence et/ou selon l'axe longitudinal de
10 ladite partie fixe 4, dont l'axe correspond à celui du moyeu 3.

Dans un mode de réalisation particulier, représenté sur la figure 4 (qui illustre la zone rectangulaire 8 en traits interrompus de la figure 3), les modules 6 sont fixés sur l'élément intermédiaire 5 à l'aide de fixations mécaniques comportant par exemple des vis 9 usuelles.

15 En outre, dans un autre mode de réalisation non représenté, certains ou l'ensemble desdits modules 6 peuvent être fixés sur ledit élément intermédiaire 5 au moyen d'un système magnétique usuel.

Ainsi, si pour une raison particulière, une partie d'un panneau (ou du fuselage) doit être modifiée, par exemple renforcée, au niveau d'une zone
20 particulière du panneau, il suffit de définir et d'usiner un ou plusieurs nouveaux modules 6 qui présentent les caractéristiques appropriées, et les fixer au niveau de la partie du moule 2 correspondant à cette zone particulière du panneau. Ceci peut notamment être le cas si on veut renforcer le bord d'un panneau.

La présente invention facilite également, en raison de la modularité de
25 l'outillage 1, sa réparation et/ou sa maintenance. En effet, tout module 6 usé ou endommagé peut être facilement remplacé, ce qui n'est pas le cas pour un outillage monobloc usuel.

On notera que la surface externe 7 de l'outillage mâle 1, qui présente une forme conforme à celle de la surface interne du panneau à fabriquer, peut être

recouverte complètement de modules 6, ou être recouverte uniquement partiellement de tels modules 6, le reste de la surface étant dans ce cas formé par la face externe 5A de l'élément intermédiaire 5, comme représenté par exemple pour une zone 10 sur la figure 3.

5 Dans l'exemple de la figure 3, on a représenté différents types 6A, 6B, 6C, 6D, et 6E de modules 6 pour un outillage 1 destiné à fabriquer une partie de fuselage d'un avion. A titre d'illustration :

- le module 6A peut être un module de renfort de bord de panneau ;
- les modules 6B et 6C peuvent être des modules de renfort de porte ;
- 10 – le module 6D peut être un module de renfort sous lisses ; et
- le module 6E peut être un module combiné de renfort sous lisses et de bord de panneau.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de réalisation d'un outillage qui est destiné à la fabrication d'un panneau pour aéronef, notamment un panneau de fuselage, ledit outillage (1) 5
comportant un moule (2) de type mâle muni d'une partie fixe (4) comprenant un moyeu (3) et un élément intermédiaire (5) et d'une pluralité de modules (6) amovibles qui sont susceptibles d'être fixés sur ladite partie fixe (4), caractérisé en ce que:

- on réalise ladite partie fixe (4), dans une phase amont du cycle de 10
développement de l'aéronef, qui est antérieure à la définition définitive du design de l'aéronef; et
- on réalise lesdits modules (6) amovibles postérieurement à ladite définition définitive du design de l'aéronef, lesdits modules (6) étant ensuite fixés sur ladite partie fixe (4) de l'outillage (1).

15
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que, lors d'une modification du design de l'aéronef, on remplace sur ladite partie fixe (4) les modules (6) amovibles touchés par cette modification, et en ce que l'on remplace ces modules (6) par de nouveaux modules (6) qui ont été réalisés de manière à 20
présenter des caractéristiques appropriées, adaptées au nouveau design.

25
3. Procédé selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que ledit élément intermédiaire (5) entoure au moins en partie ledit moyeu (3) et est solidaire par sa face interne de ce dernier, et lesdits modules (6) amovibles sont susceptibles d'être juxtaposés et fixés sur la face externe (5A) dudit élément intermédiaire (5) de sorte que la surface externe (7) de l'ensemble formé alors est conforme à la surface interne du panneau à fabriquer.

4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on fixe au moins l'un desdits modules (6) sur ledit élément intermédiaire (5) au moyen de fixations mécaniques (9).

5 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 4, caractérisé en ce que l'on fixe au moins l'un desdits modules (6) sur ledit élément intermédiaire (5) au moyen d'un système magnétique.

10 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'on réalise ledit élément intermédiaire (5) et lesdits modules (6) amovibles sont réalisés en un même matériau.

15 7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, pour réaliser un outillage destiné à la fabrication d'un panneau de fuselage d'aéronef, caractérisé en ce que l'on prévoit au moins certains des types de module suivants:

- un module pour au moins une zone renforcée en bord de panneau de fuselage;
- un module pour au moins une zone renforcée sous lisses et sous cadres;
- un module pour au moins une zone renforcée à un hublot; et
- un module définissant un encadrement de porte.

1/2

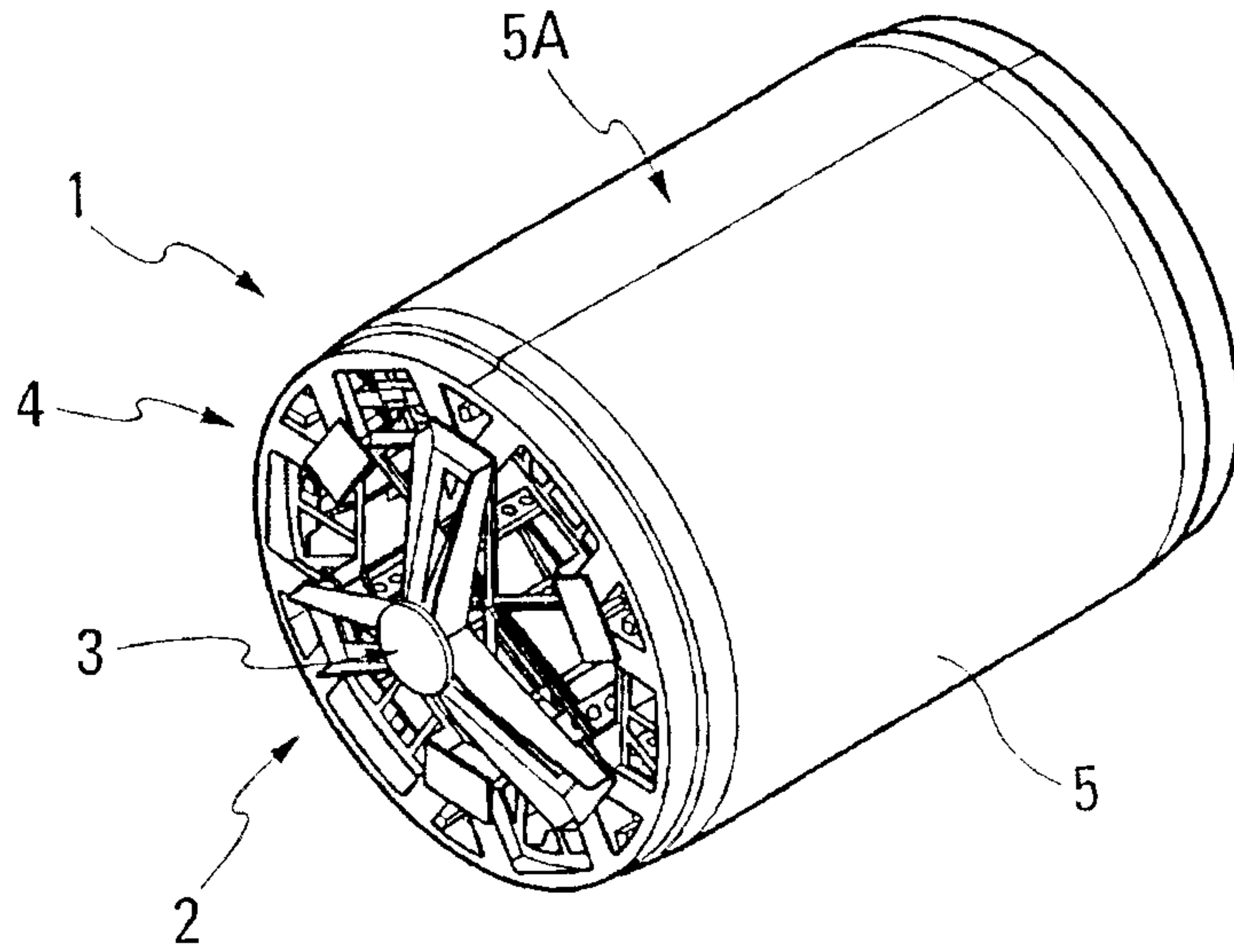


Fig. 1

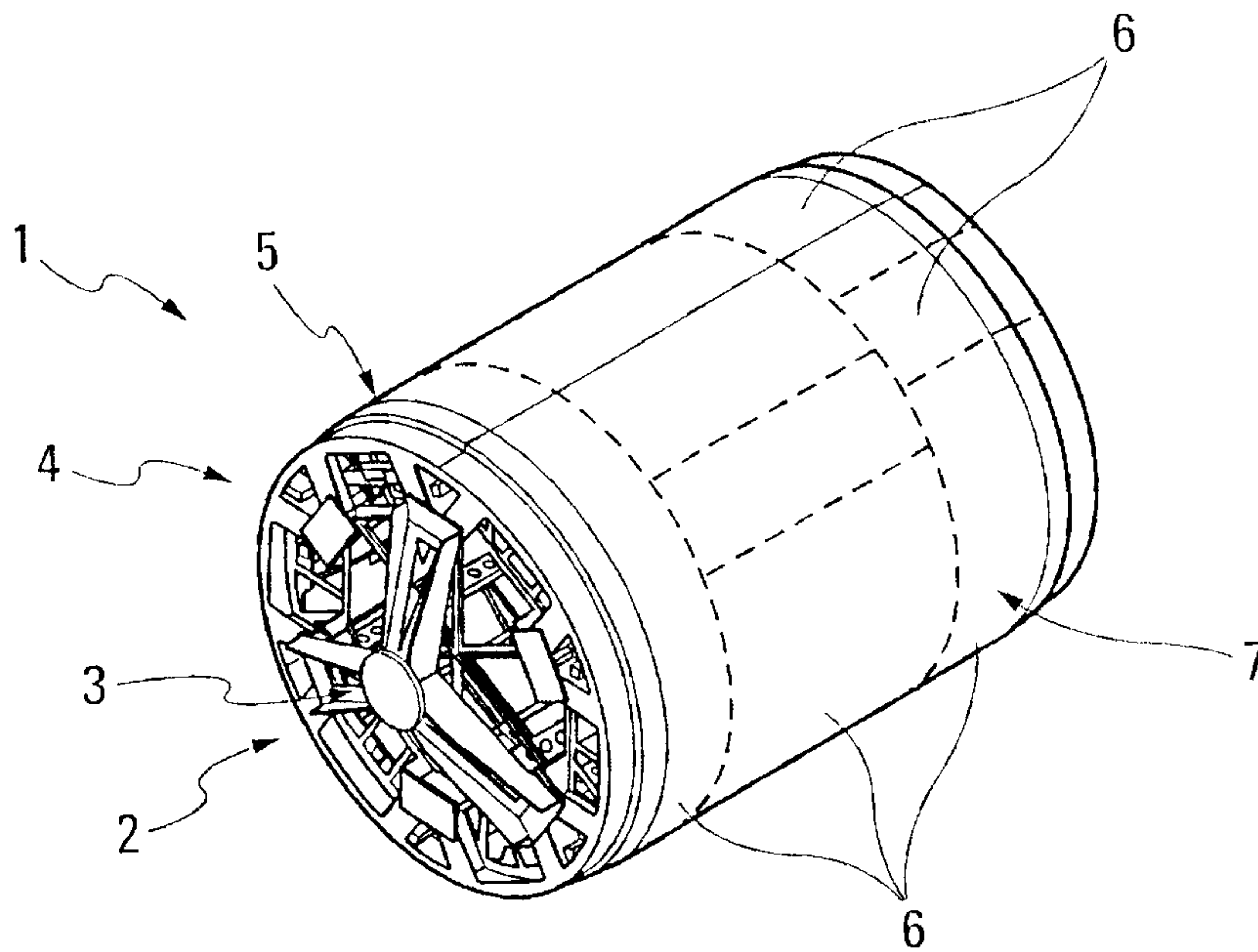


Fig. 2

2/2

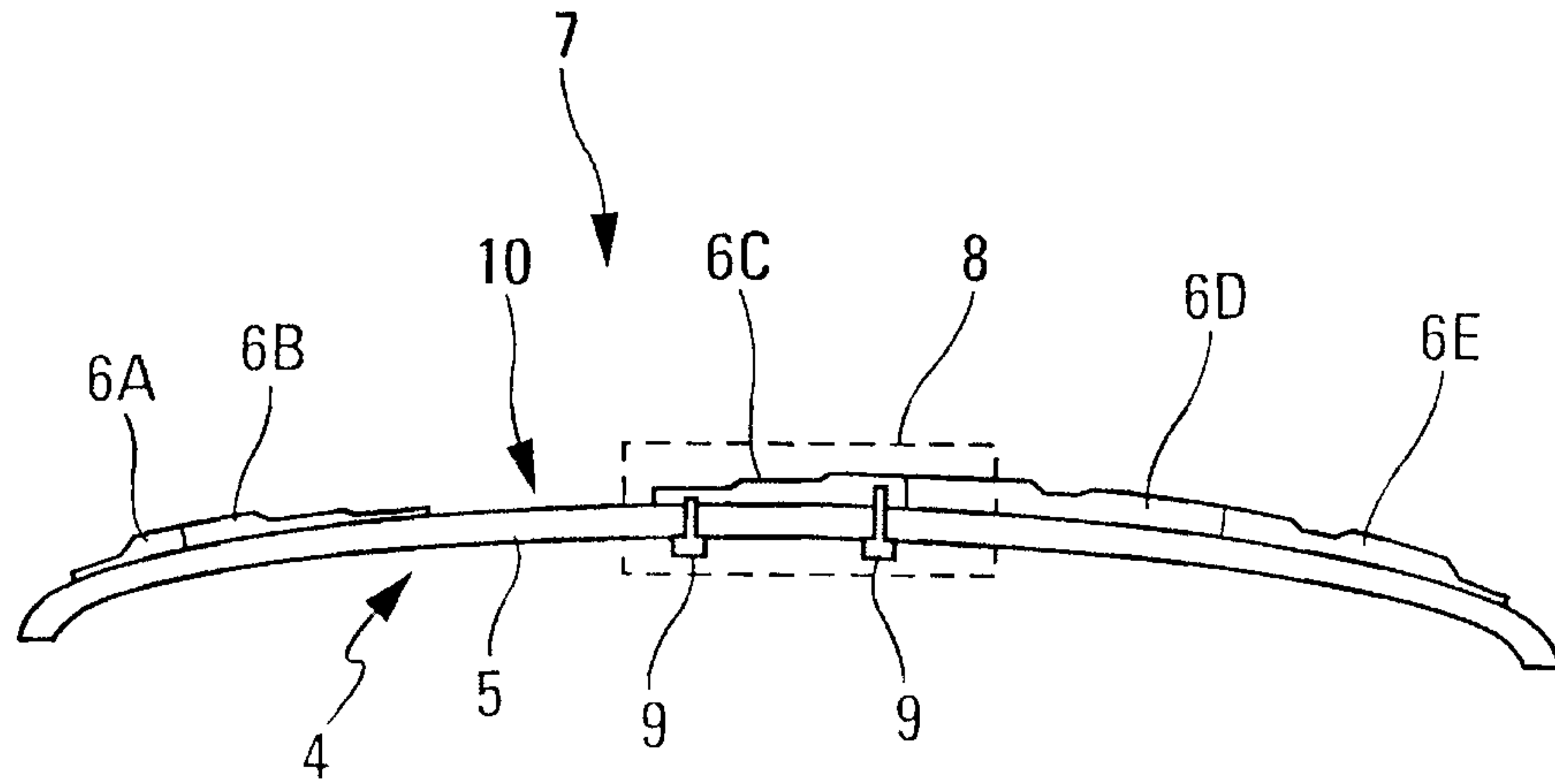


Fig. 3

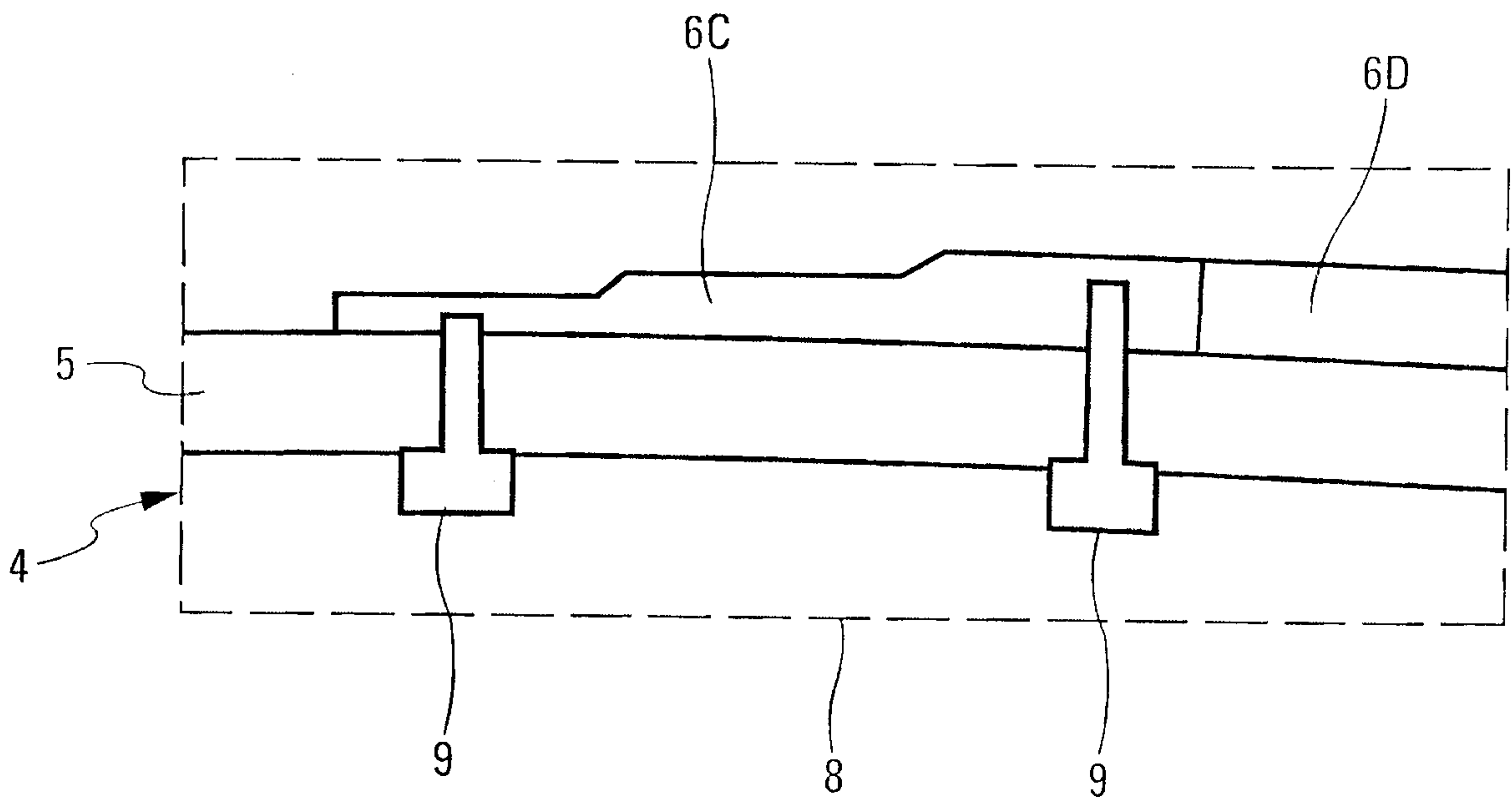


Fig. 4

