(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

COURBEVOIE

(11) **N° de publication :** ***3 141 377***

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

(21) **N° d'enregistrement national :** **22 11137**

(51) Int Cl[8] : ***B 29 C 70/46*** *(2023.01), B 29 C 43/14, 43/58, 70/18*

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 26.10.22.

(30) **Priorité :**

(43) **Date de mise à la disposition du public de la demande :** 03.05.24 Bulletin 24/18.

(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 SOCIETE ANONYME* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** BLANQUART Magalie et LANFANT Nicolas, Pierre.

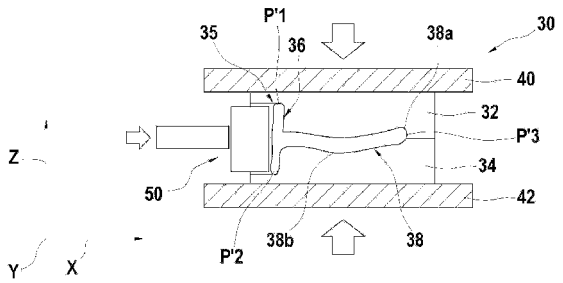
(73) **Titulaire(s) :** SAFRAN SOCIETE ANONYME.

(74) **Mandataire(s) :** CABINET BEAU DE LOMENIE.

(54) PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE A FIBRES LONGUES DISCONTINUES A MATRICE THERMODURCISSABLE.

(57) L'invention concerne un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite, comprenant l'utilisation d'un moule en deux parties (32,34) définissant entre elles une cavité (35) destinée à contenir une résine thermodurcissable et des fibres longues discontinues, la cavité et les deux parties de moule étant agencées suivant un axe principal (Z), le procédé comprenant les étapes suivantes:- chauffage des deux parties du moule (32,34) à partir de deux éléments chauffants (40,42) en contact et agencés avec celles-ci suivant l'axe principal, de manière à ramollir et rendre suffisamment visqueuse la résine dans une zone de la cavité (35) disposée dans une position axiale, prise suivant l'axe principal, qui est plus proche d'un élément chauffant qu'une autre zone de la cavité,- application d'une pression à la matière formée par la résine et les fibres dans la zone de cavité, suivant un axe secondaire (X) orienté différemment de l'axe principal.

Figure pour l'abrégé : Fig. 3



FR 3 141 377 - A1

Description

Titre de l'invention : PROCEDE DE FABRICATION D'UNE PIECE EN MATERIAU COMPOSITE A FIBRES LONGUES DISCONTINUES A MATRICE THERMODURCISSABLE

Domaine technique

[0001] Le présent exposé concerne un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres longues discontinues à matrice thermodurcissable.

Technique antérieure

[0002] La fabrication par thermocompression de pièces en matériau composite à fibres longues discontinues ou DLF (acronyme connu en terminologie anglo-saxonne sous le terme « Discontinuous Long Fibers ») est connue et nécessite, de manière générale, de chauffer le matériau et d'y appliquer une pression afin de consolider la matière. Des fibres longues sont généralement des fibres ayant une longueur qui va de 5 à 60 mm. Le terme DLF est utilisé pour désigner des ensembles composites formés d'une matrice et de fibres longues discontinues.

[0003] De manière conventionnelle, le matériau, notamment à matrice thermodurcissable, est introduit dans un outillage qui a été préalablement chauffé, ceci afin de minimiser les cycles de fabrication.

[0004] Une pré-cuisson peut par ailleurs être réalisée sur le matériau avant de l'insérer dans l'outillage afin de réduire au minimum la viscosité de la résine lors de la phase de mise en pression dans l'outillage et, ainsi, d'éviter d'expulser la résine hors de l'outillage durant cette phase.

[0005] Une installation 10 de fabrication d'une pièce en matériau composite comprend généralement, comme illustré schématiquement sur la [Fig.1], un outillage supérieur 12 et un outillage inférieur 14 définissant conjointement entre eux, lorsque les outillages sont disposés l'un contre l'autre (moule fermé), une ou plusieurs cavités 16 à remplir par le matériau qui, une fois solidifié, constituera la pièce de forme souhaitée. Les deux outillages 12 et 14 sont encadrés par des plateaux chauffants, l'un supérieur 18 disposé au-dessus de l'outillage supérieur 12 et l'autre inférieur 20 disposé en-dessous de l'outillage inférieur 14. Sur la [Fig.1], la cavité 16 présente une forme générale assez simple sans différence d'épaisseur notable suivant l'axe vertical Z, ni d'ailleurs suivant l'axe horizontal X. La forme de la cavité qui s'étend suivant l'axe Y perpendiculaire aux deux axes X et Z de la [Fig.1] est sensiblement uniforme et sa représentation ne présente pas ici de réel intérêt.

[0006] Dans le cas d'une pièce en matériau composite de forme simple comme sur la [Fig.1], tous les points de la cavité sont sensiblement situés à la même distance des plateaux

chauffants supérieur 18 et inférieur 20 si bien que la masse des outillages supérieur 12 et inférieur 14 qui doit être chauffée avant d'atteindre la cavité est identique en tout point de la cavité.

[0007] Au contraire, lorsque les pièces en matériau composite à fabriquer présentent des formes complexes et/ou de nombreux plis et/ou des différences d'épaisseur, il s'ensuit une hétérogénéité de comportement thermique dans les différentes zones de l'outillage en raison des écarts de distance avec les plateaux chauffants d'une zone à l'autre, ce qui peut influencer l'état de la résine lors de la phase de chauffage (notamment l'avancement de la résine dans l'outillage et sa viscosité).

[0008] La [Fig.2] illustre une installation 10' de fabrication d'une pièce en matériau composite de forme complexe dans laquelle les outillages supérieur 12' et inférieur 14' définissent conjointement entre eux une cavité 16' de forme plus complexe que celle de la [Fig.1]. Comme représenté sur cette figure, des points particuliers P1 à P3 de la cavité 16' ont été identifiés à titre d'exemple afin de montrer que, d'une part, les points P1 et P2 qui sont plus proches des plateaux chauffants respectifs 18 et 20 que le point P3 sont chauffés plus rapidement que ce dernier et constituent donc des points chauds et, d'autre part, que le point P3 constitue un point froid dans l'outillage. À titre d'exemple, des différences de chauffe allant jusqu'à plusieurs degrés par minute et des écarts de température ponctuels allant jusqu'à plusieurs dizaines de degrés peuvent être constatés entre différentes zones de la cavité et notamment entre les points P1, P2, d'une part, et P3, d'autre part.

[0009] Dans un tel cas de figure, il est connu de réaliser des cartographies thermiques afin de minimiser ces écarts. Par exemple, la température des plateaux chauffants est contrôlée par zone et des consignes de température variant d'une zone à l'autre sont ainsi appliquées lors de la phase de chauffage.

[0010] Cependant, dans le cas de pièces de formes complexes pouvant, par exemple comporter deux portions situées dans des plans perpendiculaires et présentant des courbures, ainsi que des variations d'épaisseur, des écarts importants ont malgré tout pu être relevés, même après une optimisation du chauffage qui a été rendue possible par la cartographie thermique.

[0011] En raison de ces hétérogénéités thermiques la résine introduite dans la cavité polymérise de façon hétérogène entre les différentes zones de la cavité où des écarts de température sont constatés.

[0012] Or, lors de la phase de mise en pression dans l'outillage, la pression doit être appliquée, d'une part, sur une matière qui est suffisamment fondue afin de ne pas l'endommager en la cisaillant et, d'autre part, sur une matière suffisamment visqueuse pour qu'elle ne soit pas chassée sous l'effet de la pression, ce qui risquerait de créer dans la cavité (et ultérieurement dans la pièce) des zones riches en fibres et manquant

de résine.

[0013] Lorsque la pression est exercée de manière simultanée et homogène sur toutes les zones de la cavité telle que décrite ci-dessus, si la pression est appliquée de manière appropriée pour une zone chaude, c'est-à-dire pour la zone où la matière sera suffisamment ramollie et visqueuse, elle ne sera toutefois pas appropriée pour une zone froide dans laquelle la matière sera encore trop rigide. Inversement, si l'on applique la pression de manière appropriée pour une zone froide, elle ne sera toutefois pas appropriée pour une zone chaude dans laquelle la matière sera trop fluide.

Exposé de l'invention

[0014] Au vu de ce qui précède il serait donc intéressant de concevoir un procédé permettant de remédier au moins en partie aux inconvénients exposés ci-dessus lors de la fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres discontinues thermodurcissable.

[0015] L'invention a ainsi pour objet un procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres longues discontinues à résine thermodurcissable, comprenant l'utilisation d'un moule en au moins deux parties qui définissent conjointement entre elles au moins une cavité destinée à contenir une résine thermodurcissable et des fibres longues discontinues, ladite au moins une cavité et lesdites au moins deux parties de moule étant agencées suivant un axe principal, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- chauffage des deux parties du moule à partir d'au moins deux éléments chauffants qui sont en contact respectivement avec lesdites au moins deux parties de moule et agencés avec celles-ci suivant l'axe principal, de manière à ramollir et rendre suffisamment visqueuse la résine dans au moins une zone de ladite au moins une cavité, ladite au moins une zone de cavité étant disposée dans une position axiale, prise suivant l'axe principal, qui est plus proche d'un des éléments chauffants qu'une autre zone de ladite au moins une cavité,
- application d'une pression à la matière formée par la résine ramollie et suffisamment visqueuse et les fibres longues discontinues dans ladite au moins une zone de cavité, suivant un axe secondaire orienté différemment de l'axe principal et à un instant différent de l'application d'une pression suivant l'axe principal.

[0016] Le procédé ci-dessus permet ainsi de tirer profit de l'hétérogénéité de chauffage des parties de moule et des zones de la cavité en compressant prioritairement la ou les zones de la cavité qui sont les plus proches du ou des éléments chauffants et qui, donc, ont été chauffées plus rapidement que d'autres zones de la cavité, voire que le reste de la cavité. Cela permet d'éviter de compresser des zones de la cavité dans lesquels la matière n'a pas atteint la température souhaitée et donc la viscosité appropriée. L'application de la pression est ainsi réalisée à un moment différent pour une ou des

zones de la cavité par rapport à d'autres zones qui seront mises en compression ultérieurement. L'axe secondaire peut être ou non perpendiculaire à l'axe principal.

[0017] Selon d'autres caractéristiques possibles, prises isolément ou en combinaison :

- le procédé comprend l'application d'une pression suivant l'axe principal à la matière qui occupe le restant de la cavité après l'application d'une pression suivant l'axe secondaire ;
- l'application d'une pression à la matière dépend de l'étape préalable de chauffage ;
- l'application d'une pression suivant l'axe secondaire est réalisée lorsque la viscosité de la résine est comprise entre 5 et 1000 Pa.s, préférentiellement entre 5 et 100 Pa.s ;
- l'application d'une pression suivant l'axe secondaire est réalisée à l'issue d'une première période de temps prédéterminée à partir du début du chauffage;
- l'application d'une pression suivant l'axe principal est réalisée à l'issue d'une deuxième période de temps prédéterminée supérieure à la première période de temps prédéterminée ;
-l'application d'une pression suivant un axe perpendiculaire à l'axe principal et à l'axe secondaire est réalisée à l'issue d'une troisième période de temps prédéterminée supérieure à la deuxième période de temps prédéterminée.

[0018] L'invention a également pour objet une installation de fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres longues discontinues à résine thermodurcissable, comprenant :

-un moule en au moins deux parties qui définissent conjointement entre elles au moins une cavité destinée à contenir une résine thermodurcissable et des fibres longues discontinues, ladite au moins une cavité et lesdites au moins deux parties de moule étant agencées suivant un axe principal,

-au moins deux éléments chauffants qui sont en contact respectivement avec lesdites au moins deux parties de moule et agencés avec celles-ci suivant l'axe principal,

-au moins un dispositif d'application d'une pression qui est configuré pour appliquer une pression, suivant un axe secondaire orienté différemment de l'axe principal (par exemple perpendiculaire), à une matière formée par de la résine ramollie et suffisamment visqueuse et par des fibres longues discontinues et qui est située dans au moins une zone de ladite au moins une cavité, ladite au moins une zone de cavité étant disposée dans une position axiale, prise suivant l'axe principal, qui est plus proche d'un des éléments chauffants qu'une autre zone de ladite au moins une cavité.

[0019] Une telle installation est utilisée pour la mise en œuvre du procédé brièvement exposé ci-dessus. Dans un mode de réalisation, les éléments chauffants de cette installation peuvent être relativement simples puisqu'il suffit qu'ils assurent un chauffage uniforme des deux parties de moule.

[0020] Selon d'autres caractéristiques possibles, prises seules ou en combinaison:

- ledit au moins un dispositif d'application d'une pression est choisi parmi une presse, un vérin ;
-ledit au moins un dispositif d'application d'une pression suivant l'axe secondaire est piloté par les éléments chauffants ;
- ledit au moins un dispositif d'application d'une pression suivant l'axe secondaire est programmé de manière à appliquer une pression en fonction de la réponse thermique des deux parties de moule ou par rapport à une étude thermique préalable (une possible étude thermique prévoit par exemple d'installer dans la cavité du moule des thermocouples, de réaliser des cycles de chauffe / refroidissement, d'analyser les réponses des différents thermocouples et d'ajuster de manière correspondante les cycles/zones);
-l'installation comprend au moins un dispositif d'application d'une pression qui est configuré pour appliquer une pression, suivant l'axe principal, à la matière située dans la cavité.

Brève description des dessins

[0021] D'autres caractéristiques et avantages de l'objet du présent exposé ressortiront de la description suivante de modes de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux figures annexées.

[0022] [Fig.1] La [Fig.1] est une vue générale schématique d'une installation de fabrication d'une pièce en matériau composite de forme simple selon l'art antérieur;

[0023] [Fig.2] La [Fig.2] est une vue générale schématique d'une installation de fabrication d'une pièce en matériau composite de forme complexe selon l'art antérieur;

[0024] [Fig.3] La [Fig.3] est une vue générale schématique d'une installation de fabrication d'une pièce en matériau composite de forme complexe selon un mode de réalisation de l'invention.

Description détaillée

[0025] Comme représenté à la [Fig.3] et désigné par la référence générale notée 30, une installation de fabrication de pièces en matériau composite de formes complexes selon un mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrite.

[0026] La pièce en matériau composite qui est fabriquée dans cet exemple est à fibres longues discontinues et peut s'appliquer dans de nombreux secteurs industriels tels que l'aéronautique, l'automobile, le ferroviaire… Plus particulièrement, les pièces susceptibles d'être fabriquées par l'installation 30 peuvent être appliquées à des moteurs d'aéronef, des trains d'atterrissage ou des nacelles et il peut, par exemple, s'agir de redresseurs de flux, de capotages, de grilles d'inverseur de poussée, de panneaux acoustiques, de panneaux structuraux…

[0027] L'installation 30 comprend un moule comprenant au moins deux parties formées ici d'un outillage supérieur 32 et d'un outillage inférieur 34. Chacun des outillages

comprend une surface interne qui est conformée de manière adaptée pour que, lorsque les deux outillages sont amenés l'un contre l'autre comme sur la [Fig.3] et que le moule est ainsi fermé les deux surfaces internes en regard des deux parties d'outillage qui présentent chacune un relief forment, conjointement, le contour ou l'enveloppe d'une cavité fermée 35 interne au moule et qui va loger la pièce à fabriquer. Le contour de la cavité définit le contour externe de la future pièce. Dans l'exemple illustré sur la [Fig.3], la pièce présente une section suivant une vue dans un plan X, Z qui a une allure générale d'un T couché dont la barre 36 est disposée sensiblement verticalement (suivant l'axe Z) sur la [Fig.3] et la jambe 38 est disposée sensiblement horizontalement. On notera que la jambe 38 n'est toutefois pas rectiligne et est légèrement incurvée avec son extrémité libre 38a relevée vers le haut et une partie centrale 38b dirigée vers le bas. La pièce s'étend également suivant une troisième direction Y perpendiculaire au plan de la [Fig.3], par exemple, en conservant la forme générale de la section illustrée sur la [Fig.3].

[0028] Les deux parties de moule ou outillages supérieur et inférieur sont disposés ici suivant un axe vertical Z, l'un au-dessus de l'autre. Toutefois, d'autres agencements dans l'espace peuvent être envisagés et, par exemple, un agencement dans lequel les deux outillages sont agencés suivant un axe horizontal.

[0029] L'installation 30 comporte également deux éléments chauffants 40 et 42 qui se présentent sous la forme de plateaux chauffants, l'un supérieur 40 disposé au-dessus de l'outillage supérieur 32 et en contact avec ce dernier afin d'optimiser le transfert thermique entre ces deux éléments, et l'autre inférieur 42, disposé en-dessous de l'outillage inférieur 34 et en contact avec ce dernier pour les mêmes raisons. Les dimensions suivant l'axe X des plateaux chauffants sont par exemple supérieures aux dimensions des outillages car les plateaux chauffants sont généralement ceux de la presse utilisée pour la mise en compression.

[0030] On notera que, dans ce mode de réalisation, l'installation permet de disposer d'éléments chauffants relativement simples puisqu'il n'est pas nécessaire de prévoir, comme dans l'art antérieur, un chauffage par zone de chauffe des éléments chauffants.

[0031] Dans cet exemple de réalisation l'axe Z est considéré comme l'axe de compression principal tandis que l'axe X est considéré comme l'axe de compression secondaire. Toutefois, d'autres agencements sont envisageables et l'axe secondaire n'est pas nécessairement perpendiculaire à l'axe principal, il est en tout cas orienté différemment par rapport à l'axe principal.

[0032] Un dispositif de mise en compression suivant l'axe principal qui est classiquement utilisé dans le type d'installation de l'art antérieur tel qu'illustré sur les figures 1 et 2 fait partie de l'installation 30 et les plateaux chauffants 40 et 42 font partie de ce dispositif de mise en compression.

[0033] Dans l'exemple illustré sur la [Fig.3], la cavité interne 35 est définie par les surfaces internes des deux outillages 32 et 34 et également par un dispositif 50 d'application d'une pression suivant l'axe secondaire X. Ce dispositif 50 est positionné latéralement par rapport aux deux outillages disposés l'un au-dessus de l'autre et ferme ainsi latéralement, par une extrémité dite d'application du dispositif, la cavité 35. On notera que les deux outillages sont configurés latéralement de manière à accueillir en partie l'extrémité d'application du dispositif 50. Le dispositif 50 peut être un vérin qui, sous l'action d'une commande, applique une pression à la matière disposée dans la zone de la cavité en regard du dispositif. Il s'agit ici de la zone où se trouve la future branche 36 de la forme en T de la pièce à fabriquer. L'extrémité d'application du dispositif est conformée de manière adaptée à la forme de la portion de pièce située dans la zone de cavité en regard.

[0034] De manière générale, la pièce à fabriquer peut prendre différentes formes (la cavité est donc conçue suivant de telles formes) et notamment des formes où une portion de la pièce s'étend dans une première direction et une autre portion de la pièce s'étend dans une deuxième direction perpendiculaire. La portion de la pièce qui s'étend suivant une direction disposée perpendiculairement aux éléments chauffants de l'installation est disposée sur l'un des côtés de la pièce pour permettre de recevoir en priorité une pression latérale suivant une direction perpendiculaire à la direction d'extension de la portion de pièce. Dans l'exemple de la [Fig.3], la portion en question de la pièce est la portion 36, ici verticale.

[0035] Un troisième dispositif d'application d'une pression suivant le troisième axe Y peut également être utilisé afin de compresser axialement suivant cet axe la pièce en cours de réalisation.

[0036] La fabrication de la pièce débute, de manière connue, par la disposition à l'intérieur de la cavité du moule de fibres longues discontinues pré-imprégnées, par exemple en carbone (ou par exemple en verre ou aramide), qui épousent les parois (surfaces internes des outillages) de la cavité formant le contour de celle-ci. En pratique, l'un des outillages, notamment l'outillage supérieur 32, est écarté suivant l'axe Z de l'outillage inférieur 34 pour pouvoir garnir le fond de la cavité qui est aménagé dans l'outillage inférieur avec des fibres. Lorsque cette étape est réalisée l'outillage supérieur 32 peut venir en contact avec l'outillage inférieur 34 suivant un plan de joint et le dispositif 50 vient en contact avec des zones latérales des outillages supérieur et inférieur afin de fermer latéralement le moule. A titre d'exemple, on part d'un pli pré-imprégné à fibres continues, unidirectionnelles ou tissées. Le pli est découpé en coupons, par exemple de 50 mm x 8mm ou de 12.5 x 12.5 mm. Il est également possible de partir de mèches pré imprégnées continues, coupées.

[0037] Ce matériau est soit introduit en vrac dans l'outillage, soit il est fourni en nappes (par

exemple le matériau HexMC® (marque déposée) d'Hexcel avec une résine 8552) à partir desquelles des motifs sont découpés et sont ensuite assemblés en une préforme qui va être introduite dans l'outillage. La préforme ainsi assemblée/formée peut subir un cycle de pré-cuisson pour augmenter le minimum de viscosité de la résine.

[0038] Au cours de l'étape suivante un chauffage est appliqué par l'intermédiaire des plateaux chauffants 40 et 42 afin de chauffer les outillages supérieur 32 et inférieur 34 et la matière qui se trouve dans la cavité 35.

[0039] Le chauffage est appliqué de manière contrôlée, par exemple en suivant une rampe de montée en température avec un nombre prédéterminé de degrés par minute qui permet d'atteindre, au bout d'un temps prédéterminé, la température souhaitée au niveau des points chauds de la cavité, notamment P'1 et P'2 sur la [Fig.3]. Ces points sont ceux qui sont situés dans une zone de la cavité qui est située le plus près respectivement des deux éléments chauffants 40 et 42 et qui vont donc chauffer plus rapidement que les autres points de la cavité comme par exemple le point P'3 qui est dans une zone distincte de la cavité, plus éloignée des éléments chauffants. En d'autres termes, le point P'3 est positionné axialement dans une position plus éloignée des éléments chauffants que les points P'1 et P'2. On notera que le même principe peut s'appliquer à des cavités de formes différentes dont une ou plusieurs zones sont situées plus près des éléments chauffants que d'autres zones de la cavité. C'est notamment le cas avec des zones de cavité perpendiculaires entre elles comme expliqué précédemment avec les portions de pièces à fabriquer de formes complexes. Cet écart de positionnement peut également provenir de différences d'épaisseurs au niveau de différentes zones de la pièce à fabriquer et/ou de différents plis dans différentes zones de la pièce à fabriquer.

[0040] Le profil de température et les valeurs de température appliquées sont prédéterminés (Le profil thermique qui est souhaité en tout point de l'outillage est déterminé par des modèles d'avancement et de rhéologie de la résine qui sont élaborés à partir d'essais physico-chimiques sur les matériaux. L'adaptation à la pièce est réalisée de manière itérative lors des cartographies thermiques.) et le profil de chauffe peut être arrêté ou modifié (par exemple la température de chauffage peut être maintenue à une valeur de palier) lorsque la température souhaitée pour les points chauds P'1 et P'2 est atteinte. À cette température la résine qui se trouve dans la zone considérée avec les points chauds est ramollie mais reste toutefois suffisamment visqueuse pour être soumise à une pression externe et fluer de manière contrôlée à l'intérieur de la cavité sans risquer d'être chassée hors de la cavité sous l'effet de cette pression.

[0041] À titre d'exemple la viscosité de la résine est comprise entre 5 et 1000 Pa.s, de préférence entre 5 et 100 Pa.s pour la résine 8552 mentionnée dans l'exemple ci-dessus, pour pouvoir être soumise de manière contrôlée à une pression externe.

[0042] Dans cet exemple, le dispositif d'application d'une pression 50 est piloté par les plateaux chauffants 40 et 42 de manière à ce que l'application d'une pression par le dispositif soit commandée lorsque que le profil de montée en température des plateaux chauffants atteint une valeur prédéterminée. La mise en pression de la zone de la cavité 35 où se trouvent les points chauds est par exemple commandée au bout d'une période de temps prédéterminée, après l'atteinte de la valeur de température prédéterminée par le profil de montée en température. Cette mise en pression localisée de la matière suivant l'axe de compression secondaire est ainsi particulièrement adaptée à l'état de viscosité de celle-ci dans la zone de cavité considérée. Il aurait en effet été préjudiciable d'attendre que l'ensemble des points de la cavité soit à une température plus élevée pour compresser de manière prioritaire la matière suivant l'axe principal de compression.

[0043] Lorsqu'il est prévu d'appliquer une pression suivant l'axe secondaire X (pression latérale), la température de la zone où se trouve le point froid P'3 est trop basse pour que la résine qui y est présente soit suffisamment ramollie mais le chauffage se poursuit lorsque la pression est appliquée afin que le ramollissement de la résine intervienne sur l'ensemble des zones de la pièce.

[0044] Lorsque la pression a été appliquée de manière satisfaisante sur la matière la plus propice à être compressée (localisée dans une zone plus proche des éléments chauffants que le reste de la cavité) et que les autres points de la cavité sont à la température souhaitée pour que la résine soit ramollie et suffisamment visqueuse, la matière présente dans la cavité peut être compressée suivant l'axe de compression principal Z (les autres zones de la cavité non encore compressées lors de la première compression sont donc compressées ici ; on notera que les premières zones de la cavité qui ont déjà été compressées sont à nouveau compressées mais suivant un autre axe et de manière décalée dans le temps). Cette deuxième phase de compression intervient au bout d'une période de temps prédéterminée après la première phase de compression suivant l'axe secondaire.

[0045] De la même façon, lorsque cette deuxième phase de compression suivant l'axe principal est terminée, une troisième phase de compression de la matière suivant le troisième axe Y intervient au bout d'une période de temps prédéterminée après la deuxième phase de compression.

[0046] A titre d'exemple, des pressions allant de 20 bars à 150 bars peuvent être utilisées pour des composites à fibres longues discontinues. Des températures possibles peuvent être de 100°C, 150°C ou 180°C, en fonction du cycle thermique complet avec les rampes.

[0047] Dans une variante de réalisation, on notera qu'il est possible de réaliser une cartographie thermique afin de caractériser les écarts de température entre les différents

points des différentes zones de la cavité, et ce, en vue d'essayer de réduire ces écarts. Pour ce faire, les plateaux chauffants comportent des zones dont la consigne de température peut être contrôlée indépendamment les unes des autres.

[0048] Les pièces ainsi fabriquées peuvent présenter une dispersion réduite du taux volumique de fibres et/ou une réduction des porosités. Bien que la présente description se réfère à des exemples de réalisation spécifiques, des modifications peuvent être apportées à ces exemples sans sortir de la portée générale de l'invention telle que définie par les revendications. En outre, des caractéristiques individuelles des différents modes de réalisation illustrés ou 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.

Revendications

[Revendication 1] Procédé de fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres longues discontinues à résine thermodurcissable, comprenant l'utilisation d'un moule en au moins deux parties (32,34) qui définissent conjointement entre elles au moins une cavité (35) destinée à contenir une résine thermodurcissable et des fibres longues discontinues, ladite au moins une cavité et lesdites au moins deux parties de moule étant agencées suivant un axe principal (Z), le procédé comprenant les étapes suivantes :
- chauffage des deux parties du moule (32,34) à partir d'au moins deux éléments chauffants (40,42) qui sont en contact respectivement avec lesdites au moins deux parties de moule et agencés avec celles-ci suivant l'axe principal, de manière à ramollir et rendre suffisamment visqueuse la résine dans au moins une zone de ladite au moins une cavité (35), ladite au moins une zone de cavité étant disposée dans une position axiale, prise suivant l'axe principal, qui est plus proche d'un des éléments chauffants qu'une autre zone de ladite au moins une cavité,
- application d'une pression à la matière formée par la résine ramollie et suffisamment visqueuse et les fibres longues discontinues dans ladite au moins une zone de cavité, suivant un axe secondaire (X) orienté différemment de l'axe principal et à un instant différent de l'application d'une pression suivant l'axe principal.

[Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, comprenant l'application d'une pression suivant l'axe principal (Z) à la matière qui occupe le restant de la cavité après l'application d'une pression suivant l'axe secondaire (X).

[Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, selon lequel l'application d'une pression à la matière dépend de l'étape préalable de chauffage.

[Revendication 4] Procédé selon l'une des revendications précédentes, selon lequel l'application d'une pression suivant l'axe secondaire (X) est réalisée lorsque la viscosité de la résine est comprise entre 5 et 1000 Pa.s, préférentiellement entre 5 et 100 Pa.s.

[Revendication 5] Procédé selon l'une des revendications précédentes, selon lequel l'application d'une pression suivant l'axe secondaire (X) est réalisée à l'issue d'une première période de temps prédéterminée à partir du début du chauffage.

[Revendication 6] Procédé selon la revendication précédente, selon lequel l'application d'une pression suivant l'axe principal (Z) est réalisée à l'issue d'une

deuxième période de temps prédéterminée supérieure à la première période de temps prédéterminée.

[Revendication 7] Procédé selon la revendication précédente, selon lequel l'application d'une pression suivant un axe perpendiculaire à l'axe principal (Z) et à l'axe secondaire (X) est réalisée à l'issue d'une troisième période de temps prédéterminée supérieure à la deuxième période de temps prédéterminée.

[Revendication 8] Installation (30) de fabrication d'une pièce en matériau composite à fibres longues discontinues à résine thermodurcissable, comprenant :
-un moule en au moins deux parties (32, 34) qui définissent conjointement entre elles au moins une cavité destinée à contenir une résine thermodurcissable et des fibres longues discontinues, ladite au moins une cavité et lesdites au moins deux parties de moule étant agencées suivant un axe principal (Z),
-au moins deux éléments chauffants (40,42) qui sont en contact respectivement avec lesdites au moins deux parties de moule (32, 34) et agencés avec celles-ci suivant l'axe principal (Z),
-au moins un dispositif d'application d'une pression (50) qui est configuré pour appliquer une pression, suivant un axe secondaire (X) orienté différemment de l'axe principal (Z), à une matière formée par de la résine ramollie et suffisamment visqueuse et par des fibres longues discontinues et qui est située dans au moins une zone de ladite au moins une cavité, ladite au moins une zone de cavité étant disposée dans une position axiale, prise suivant l'axe principal (Z), qui est plus proche d'un des éléments chauffants (40,42) qu'une autre zone de ladite au moins une cavité.

[Revendication 9] Installation selon la revendication précédente, dans laquelle ledit au moins un dispositif d'application d'une pression (50) est choisi parmi une presse, un vérin.

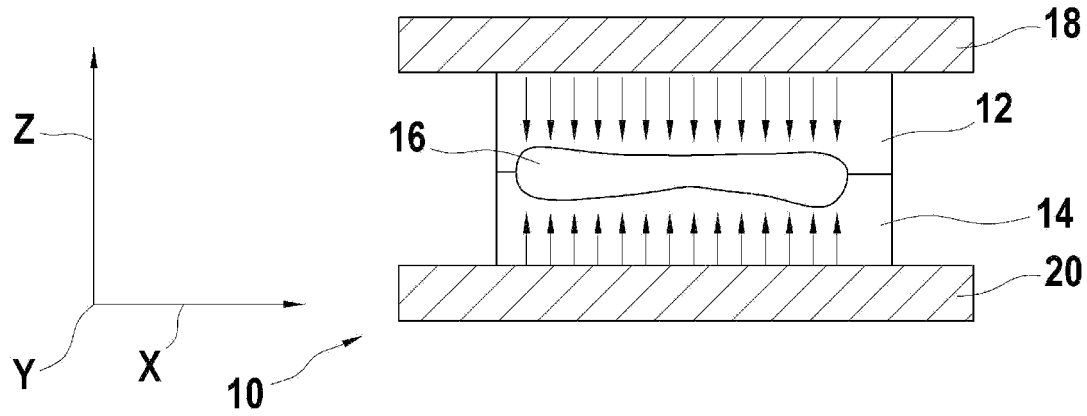
[Revendication 10] Installation selon la revendication 8 ou 9, dans laquelle ledit au moins un dispositif d'application d'une pression (50) suivant l'axe secondaire est piloté par les éléments chauffants (40,42).

[Revendication 11] Installation selon l'une des revendications 8 à 10, dans laquelle ledit au moins un dispositif d'application d'une pression (50) suivant l'axe secondaire est programmé de manière à appliquer une pression en fonction de la réponse thermique des deux parties de moule ou par rapport à une étude thermique préalable.

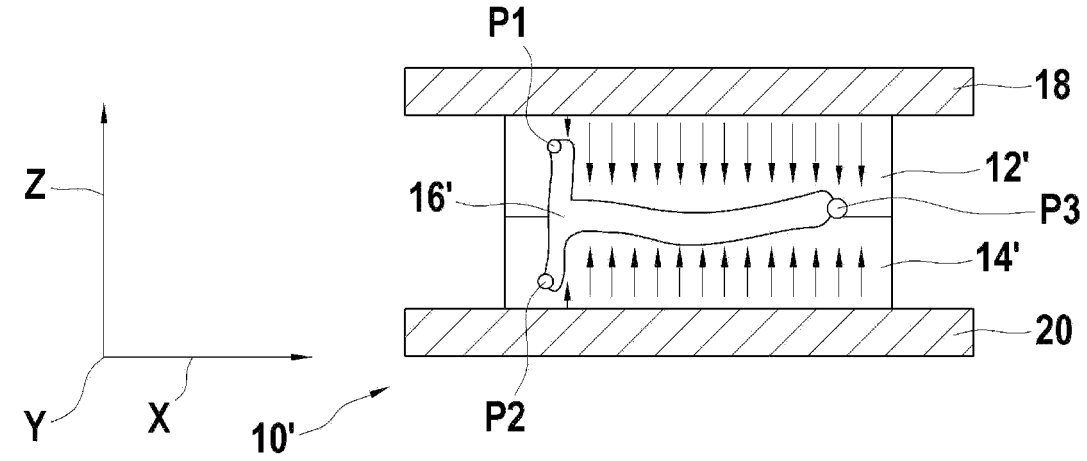
[Revendication 12] Installation selon l'une des revendications 8 à 11, comprenant au moins

un dispositif d'application d'une pression (50) qui est configuré pour appliquer une pression, suivant l'axe principal, à la matière située dans la cavité.

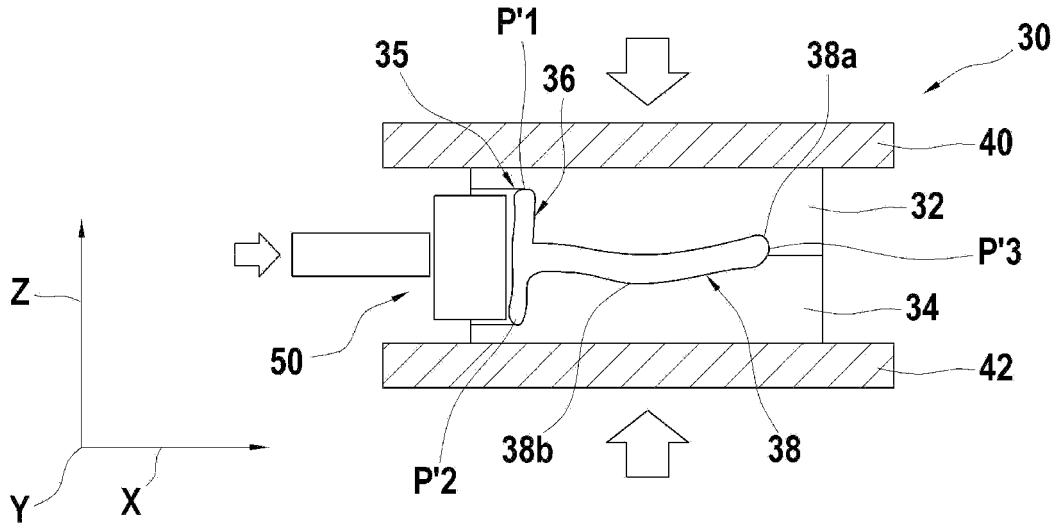
[Fig. 1]



[Fig. 2]



[Fig. 3]



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

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

N° d'enregistrement national

FA 911909
FR 2211137

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 A	US 1 916 435 A (OTT ERNEST H ET AL) 4 juillet 1933 (1933-07-04) * page 2, lignes 79-101, 114-128; figures 8-11 * -----	1-3,5-7 4	B29C70/46 B29C43/14 B29C43/58 B29C70/18
X	US 5 686 038 A (CHRISTENSEN STEPHEN [US] ET AL) 11 novembre 1997 (1997-11-11) * colonne 4, lignes 16-23 * * colonne 5, lignes 1-11,53-61 * * colonne 7, lignes 9-15 * * colonne 8, lignes 23-26 * * colonne 9, lignes 34-44 * * colonne 9, ligne 56 - colonne 10, ligne 7 * * colonne 10, lignes 13-20; figures 1-4b * -----	8-12	
A	WO 2021/172597 A1 (THE MOT COMPANY LTD [JP]) 2 septembre 2021 (2021-09-02) * alinéas [0002], [0021]; figures 7a,7b * -----	1,8	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			B29C

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
10 mai 2023	Bibollet-Ruche, D

CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons
.....
& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2211137 FA 911909

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 **10-05-2023**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 1916435 A	04-07-1933	AUCUN	
US 5686038 A	11-11-1997	AUCUN	
WO 2021172597 A1	02-09-2021	CN 113939396 A	14-01-2022
		JP 6893011 B1	23-06-2021
		JP 2022062870 A	21-04-2022
		WO 2021172597 A1	02-09-2021

EPO FORM P0465