

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication :

3 025 132

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

21 N° d'enregistrement national :

15 57968

51 Int Cl⁸ : B 29 C 70/48 (2016.01), B 29 C 70/42

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 27.08.15.

30 Priorité : 27.08.14 DE DE102014112311.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 04.03.16 Bulletin 16/09.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V. — DE.

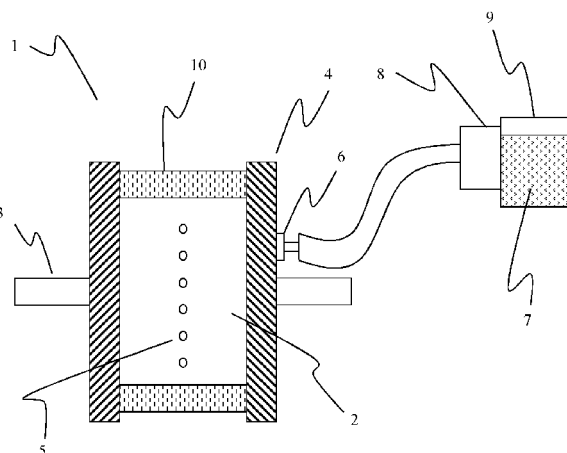
72 Inventeur(s) : BOCK MATTHIAS, ROSTERMUNDT
DIRK et KLEINEBERG MARKUS.

73 Titulaire(s) : DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V..

74 Mandataire(s) : PONTET ALLANO & ASSOCIES.

54 PROCÉDE ET OUTIL DE MISE EN FORME POUR L'INFUSION D'UN MATÉRIAU DE MATRICE.

57 L'invention concerne un procédé et une installation
pour l'infusion d'un matériau de matrice (9) dans un maté-
riau à base de fibres (10), en vue de la fabrication d'une
pièce composite renforcée de fibres, le matériau de matrice
étant infusé dans le matériau à base de fibres (10) posé sur
l'outillage de mise en forme (1), en injectant le matériau de
matrice (9) en provenance du réservoir de matériau de ma-
trice (7), dans les ouvertures d'infusion (5) présentes dans
la surface d'outillage, de sorte qu'il peut être pressé, à partir
de là, dans le matériau à base de fibres (10).



FR 3 025 132 - A1



Procédé et outil de mise en forme pour l'infusion d'un matériau de matrice

L'invention concerne un procédé ainsi qu'un outil ou outillage de mise en
5 forme associé, pour l'infusion d'un matériau de matrice dans un matériau à
base de fibres pour la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres.

Lors de la fabrication de pièces composites renforcées de fibres, un
matériau de matrice ayant été infusé dans un matériau à base de fibres est
10 en règle générale durci par une mise en température de la pièce, de sorte
que le matériau à base de fibres noyé dans le matériau de matrice forme
avec ce dernier une pièce intégrale. Il en résulte des propriétés extrêmes de
résistance et de rigidité, notamment dans la direction des fibres, tandis que
la pièce elle-même ne présente qu'un poids très faible en comparaison à
15 des matériaux conventionnels.

Lors de la fabrication de pièces composites renforcées de fibres selon le
procédé dit par infusion, du matériau à base de fibres sec est déposé sur un
outillage de mise en forme comportant une surface d'outillage donnant la
20 forme, qui en règle générale présente au moins partiellement la forme
ultérieure de la pièce. En mettant à profit une différence de pression, par
exemple en soumettant le matériau de matrice à une surpression, ou en
établissant un vide dans la région du matériau à base de fibres (procédé
d'injection sous vide), le matériau de matrice est alors infusé dans le
25 matériau à base de fibres sec qui a été introduit dans l'outillage de mise en
forme. Après imprégnation complète du matériau à base de fibres, on peut
durcir le matériau de matrice par mise en température et, le cas échéant,
solicitation en pression du matériau à base de fibres, et assurer ainsi la
fabrication de la pièce composite renforcée de fibres.

30 Un paramètre de processus et de qualité important est ici constitué par la
réalité d'une imprégnation complète du matériau à base de fibres sec par le
matériau de matrice. Des secteurs qui ne sont pas complètement
imprégnés par le matériau de matrice constituent en effet, dans la pièce
35 composite renforcée de fibres fabriquée ultérieurement, un site défectueux,
qui abaisse la qualité de la pièce et peut porter préjudice à la robustesse
et à la rigidité de la pièce. S'agissant notamment de pièces composites
renforcées de fibres dans des domaines d'utilisation critiques en termes de

sécurité, comme par exemple des pales de rotor ou des réservoirs sous pression, cela conduit rapidement à la mise au rebut de la pièce complète, ce qui augmente les coûts de fabrication et en définitive le prix par pièce.

5 Notamment des structures à paroi épaisse dans la zone de bandages de rotors à vitesse de rotation élevée, nécessitent des précontraintes tangentielles élevées du matériau à base de fibres, pour pouvoir introduire des gradients de contraintes radiales ciblés dans le bandage. Cela rend difficile, voire impossible la pose de matériaux à base de fibres déjà pré-
10 imprégnés, de sorte que l'on dépose essentiellement du matériau à base de fibres sec, qui doit ultérieurement être soumis à l'infusion avec un matériau de matrice approprié.

Aussi bien pour le procédé d'enroulement humide ou à sec, on met en
15 œuvre des tensions de fil allant jusqu'à 100 MPa. Cela conduit à des teneurs en volume de fibres allant jusqu'à 70% en volume. A cette occasion apparaissent, pendant le durcissement, notamment dans le cas d'enroulements dits annulaires, des micro-bosses (bombement du matériau à base de fibres lors du retrait de la résine) à intervalles presque réguliers
20 dans la direction périphérique et par largeur de fil, qui, notamment en cas de sollicitations par la force centrifuge et de pression intérieure élevée dans les réservoirs sous pression, conduisent à des délaminations, qui, pour les rotors, abaissent la capacité de sollicitation et la durée de vie. De plus, dans le cas de faibles teneurs en fibres, en particulier dans le cas de structures
25 enroulées par voie humide, les enroulements annulaires subissent une perte de précontrainte allant jusqu'à 30%. Cela peut conduire, notamment dans le cas de structures à paroi épaisse, à des défauts d'orientation des fibres et à des ondulations des fibres, générant, notamment dans le cas de rotors, des balourds dynamiques indésirables et difficilement acceptables.

30 Dans le cas de structures à paroi épaisse et/ou de réservoirs sous pression fabriqués selon un procédé à sec, l'infusion de la résine s'effectue au moyen de procédés d'infusion sous vide avec ou sans assistance par autoclave, du côté extérieur vers l'intérieur. En l'absence d'outils extérieurs
35 stables à la pression, les pressions maximales, avec lesquelles peut être sollicité le système de résine, sont limitées à la pression atmosphérique et à la pression d'autoclave (on connaît des autoclaves avec une pression globale de 15 bar). Lorsque les teneurs en volume de fibres sont relativement élevées, il n'est pas toujours possible, notamment dans le cas
40 de rotors à paroi épaisse et dans les zones cylindriques de réservoirs sous pression, et indépendamment du concept d'injection, d'obtenir une imprégnation complète du matériau à base de fibres. Et comme il y a des pièces à mettre au rebut même si l'imprégnation est complète, il en résulte notamment pour les réservoirs sous pression fabriqués en série, un

inconvenient énorme concernant les coûts.

5 Dans le cas de rotors et de réservoirs sous pression en matériau composites renforcés de fibres, il existe toujours des parts importantes ou exclusives d'enroulements dits annulaires, qui, idéalement, présentent un début de fil et exactement une fin de fil associée. De ce fait, une infusion de résine via des sections transversales ouvertes des fibres est impossible, parce que le parcours de migration dans un capillaire dépasse le plus souvent le kilomètre. En raison du tassement dense des fibres, une infusion même assistée par autoclave est le plus souvent impossible, parce que la résistance à l'écoulement à travers les filaments appliqués à bloc les uns contre les autres sur tous les côtés, est trop grande et est encore accrue par l'application de pression extérieure. Tel est notamment le cas pour des structures à paroi épaisse.

15 On connaît d'après le document DE 198 59 798 C2 un procédé et une installation pour la fabrication de corps de forme en matériaux composites renforcés de fibres. Le matériau à base de fibres est déposé sur un outillage de mise en forme et enfermé dans une cloche de pression, du matériau de matrice étant alors infusé dans le matériau à base de fibres à partir de la cloche de pression.

20 D'après le document EP 2 653 296 A1, on connaît un procédé d'infusion sous vide pour la fabrication d'une pièce d'éolienne, selon lequel le matériau de matrice est infusé dans le matériau à base de fibres à travers une ouverture dans la surface d'outillage assurant la mise en forme.

30 On connaît d'après le document DE 10 2012 023 608 A1 un procédé et une installation pour la fabrication d'une pièce de forme, selon lesquels du matériau à base de fibres est déposé dans un outillage de moulage en plusieurs parties. Au moins un côté de l'outillage de mise en forme en plusieurs parties est flexible pour pouvoir mieux répartir le matériau de matrice infusé.

35 D'après le document DE 10 2007 027 755 A1, on connaît un procédé pour la fabrication d'une pièce en matière plastique renforcée de fibres, selon lequel le matériau à base de fibres est enroulé sur un mandrin creux puis déposé dans un outillage de moulage en plusieurs parties. Le matériau de

matrice est alors infusé de l'extérieur dans le matériau à base de fibres.

5 D'après le document DE 101 40 166 A1, on connaît un procédé et une installation pour la fabrication de pièces renforcées de fibres au moyen d'un procédé par injection, selon lequel le matériau à base de fibres est déposé dans un outillage et enfermé de manière étanche à l'air à l'aide d'un film à vide. Le matériau de matrice est ensuite infusé, de l'extérieur, dans le matériau à base de fibres.

10 D'après le document DE 10 2011 082 842 A1, on connaît finalement un procédé de fabrication de pièces de structure, selon lequel du matériau à base de fibres est déposé dans un outillage de mise en forme en plusieurs parties, puis soumis à l'infusion d'un matériau de matrice, à partir de l'extérieur.

15 A partir de cet arrière-plan, le but de la présente invention consiste à fournir un procédé amélioré pour l'infusion de matériau de matrice dans un matériau à base de fibres, notamment dans le cas de bandages de rotors et dans le cas de réservoirs sous pression, le procédé devant permettre de
20 garantir une infusion complète du matériau de matrice et une imprégnation totale du matériau à base de fibres. Le but de la présente invention consiste également à fournir une installation améliorée à cet effet.

25 Conformément à l'invention, le but recherché est atteint à l'aide d'un procédé destiné à l'infusion d'un matériau de matrice dans un matériau à base de fibres pour la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, comprenant les étapes consistant à :

- 30 a) fournir et préparer un outillage de mise en forme, qui possède une surface d'outillage dans laquelle sont prévues des ouvertures d'infusion reliées de manière résistante à la pression, à un réservoir de matériau de matrice ;
- b) poser le matériau à base de fibres sur la surface d'outillage de l'outillage de mise en forme ;
- 35 c) infuser le matériau de matrice dans le matériau à base de fibres ayant été déposé sur l'outillage de mise en forme, en expulsant sous une pression d'infusion le matériau de matrice en provenance du réservoir de matériau par les ouvertures d'infusion présentes dans la

surface d'outillage, en direction des matériaux à base de fibres ayant été posés,

5 caractérisé en ce que l'on fournit et prépare un outillage de mise en forme comportant une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction et dans laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, qui sont en liaison avec le réservoir de matériau de matrice par l'intermédiaire d'éléments de liaison résistant à la pression et situés à l'intérieur, le matériau à base de fibres étant posé de manière périphérique
10 continue sur la surface d'outillage.

Conformément à l'invention, le but recherché est également atteint à l'aide d'une installation de fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres en un matériau à base de fibres infusé par un matériau de matrice,
15 l'installation comprenant un outillage de mise en forme avec une surface d'outillage sur laquelle peut être posé du matériau à base de fibres, une ou plusieurs ouvertures d'infusion étant prévues dans la surface d'outillage et étant reliées de manière résistante à la pression à un réservoir de matériau de matrice, et un dispositif d'alimentation en pression étant prévu pour
20 expulser sous une pression d'infusion prescrite, par les ouvertures d'infusion et en direction des matériaux à base de fibres posés, le matériau de matrice provenant du réservoir de matériau de matrice, caractérisée en ce que l'outillage de mise en forme possède une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction et dans
25 laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, lesquelles sont en liaison avec le réservoir de matériau de matrice, par l'intermédiaire d'éléments de liaison résistant à la pression, situés à l'intérieur.

Selon l'invention, il est proposé un procédé destiné à l'infusion d'un
30 matériau de matrice dans un matériau à base de fibres pour la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, avec une première étape consistant, conformément à l'invention, à fournir et préparer un outillage de mise en forme, qui possède une surface d'outillage dans laquelle sont prévues des ouvertures d'infusion. Ces ouvertures d'infusion sont reliées de
35 manière résistante à la pression, à un réservoir de matériau de matrice, de sorte que du matériau de matrice, en provenance du réservoir de matériau de matrice, peut être expulsé par les ouvertures d'infusion prévues dans la

surface d'outillage.

Au cours de l'étape suivante, on pose le matériau à base de fibres sur la surface d'outillage de l'outillage de mise en forme, et ceci en particulier de façon qu'au moins une partie, de préférence la totalité des ouvertures d'infusion dans la surface d'outillage soient recouvertes par le matériau à base de fibres après la pose du matériau à base de fibres, c'est-à-dire que le matériau à base de fibres est posé par-dessus les ouvertures d'infusion. La pose du matériau à base de fibres peut ici s'effectuer de manière automatisée par un dispositif de pose de fibres, ou manuellement.

Après achèvement complet de la pose du matériau à base de fibres sur la surface d'outillage, de manière qu'au moins une partie des ouvertures d'infusion dans la surface d'outillage soient recouvertes par le matériau à base de fibres déposé, on effectue alors le processus d'infusion proprement dit pour la fabrication de la pièce composite renforcée de fibres. A cet effet, à l'aide d'un dispositif à pompe ou de mise en pression, le matériau de matrice se trouvant dans le réservoir de matériau de matrice, est envoyé à travers la liaison résistant à la pression, vers les ouvertures d'infusion et est expulsé par celles-ci, de sorte que le matériau de matrice infuse dans le matériau à base de fibres ayant été posé par-dessus les ouvertures d'infusion, dans une direction partant de l'outillage de mise en forme.

A cet effet, l'outillage de mise en forme peut par exemple être placé dans un autoclave, le matériau à base de fibres étant alors pressé sur l'outillage de mise en forme par une pression réglée dans l'autoclave. Avec une pression d'infusion appropriée, le matériau de matrice en provenance du réservoir de matériau de matrice peut à présent être expulsé par les ouvertures d'infusion de la surface d'outillage, pour infuser dans le matériau à base de fibres, lequel est pressé sur la surface d'outillage malgré la pression d'infusion, en raison de la pression d'autoclave.

Avantageusement, avant la pose du matériau à base de fibres on place sur la surface d'outillage de l'outillage de mise en forme, par-dessus les ouvertures d'infusion, une aide à l'écoulement, sur laquelle est alors posé le matériau à base de fibres. Cela permet de garantir que le matériau de matrice expulsé des ouvertures d'infusion de la surface d'outillage, se répartisse bien spatialement entre le matériau à base de fibres et la surface

d'outillage, pour infuser complètement et sur toute la surface le matériau à base de fibres posé.

5 Une fois le matériau de matrice expulsé des ouvertures d'injection et le matériau à base de fibres posé complètement imprégné du matériau de matrice, peut débiter le processus de durcissement, par exemple par mise en température. A cette occasion, le matériau de matrice ayant infusé dans le matériau à base de fibres est durci, de sorte que le matériau de matrice et le matériau à base de fibres forment une unité intégrale en réalisant ainsi
10 la pièce composite renforcée de fibres avec ses propriétés avantageuses.

D'après un autre mode de réalisation avantageux, il est envisageable de fournir et préparer un outillage de mise en forme présentant dans la surface d'outillage, outre les ouvertures d'infusion, une texture de canaux
15 d'écoulement, de manière à réaliser un grand nombre de canaux d'écoulement, par exemple par meulage ou par fraisage d'une structure de grille. Cela permet au matériau de matrice de très bien se répartir sous le matériau à base de fibres, en augmentant ainsi la probabilité d'une imprégnation complète du matériau à base de fibres.

20 La présente invention permet ainsi de faire infuser totalement un matériau de matrice dans un matériau à base de fibres, posé sur un outillage, même si, en raison du procédé de pose ou du procédé de fabrication utilisé, le matériau à base de fibres est posé avec une pression élevée sur l'outillage, ou si le matériau à base de fibres présente une très forte densité volumique
25 de fibres, ce qui par principe complique une infiltration de systèmes de matrice.

D'après un mode de réalisation particulièrement avantageux, la pression
30 d'infusion sous laquelle le matériau de matrice est expulsé des ouvertures d'infusion est réglée de façon à être supérieure ou égale à la pression d'appui avec laquelle le matériau à base de fibres s'appuie sur la surface d'outillage. Une telle pression d'appui peut par exemple être établie du fait que le matériau à base de fibres est pressé sur la surface d'outillage en
35 raison d'une pression d'autoclave. Une telle pression d'appui peut

également être établie du fait que le matériau à base de fibres a été posé selon la technologie d'enroulement sous tension, de sorte qu'en raison de la tension de fil tangentielle réglée, le matériau à base de fibres s'applique sur toute la surface avec une pression d'appui correspondante sur la surface d'outillage.

Sous une pression d'infusion supérieure à la pression d'appui, le matériau de matrice est alors expulsé des ouvertures d'infusion, le matériau de matrice expulsé sous pression écartant ou élargissant les couches de fibres du matériau à base de fibres et notamment les capillaires entre les filaments, en se répartissant ainsi en surface entre le matériau à base de fibres et l'outillage de mise en forme. A cette occasion le matériau de matrice infuse généralement le matériau à base de fibres à l'encontre d'une résistance à l'écoulement régulière, de manière successive, radialement de l'intérieur vers l'extérieur. L'effet de répartition du matériau de matrice peut ici être amélioré par une structure de canal d'écoulement appropriée, par exemple sous la forme d'une aide à l'écoulement ou de canaux d'écoulement fraisés.

Conformément à l'invention, on fournit et prépare un outillage de mise en forme comportant une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction, et dans laquelle les ouvertures d'infusion sont prévues radialement sur tout le pourtour de l'outillage de mise en forme. Les ouvertures d'infusion sont en liaison avec le réservoir de matériau de matrice par l'intermédiaire d'éléments de liaison résistant à la pression et situés à l'intérieur. Une telle surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie peut par exemple être une chemise appelée liner, à l'aide duquel sont fabriquées des pièces creuses en un matériau composite renforcé de fibres, comme par exemple des pales de rotor ou des réservoirs sous pression. Ces éléments appelés liners, qui présentent une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction, sont alors enroulés de matériau à base de fibres, par exemple par rotation de l'outillage de mise en forme autour d'un axe approprié, la surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie effectuant ainsi un mouvement de forme circulaire. Le matériau à base de fibres est alors également posé sur toute la périphérie, notamment de manière continue sur toute la périphérie. Dans ce cas, il s'avère particulièrement avantageux que le matériau de matrice soit alors expulsé des ouvertures d'infusion sous une pression d'infusion supérieure à celle avec laquelle le matériau à base de

fibres repose sur la surface d'outillage. L'expulsion sous pression du matériau de matrice conduit ici à un écartement des matériaux à base de fibres posés sur toute la périphérie, en produisant une infusion du matériau de matrice dans le matériau à base de fibres posé de manière continue sur toute la périphérie.

Avantageusement, on fournit et prépare ici un outillage de mise en forme comportant des éléments dits épaulements d'enroulement à la limite latérale de la surface d'outillage périphérique, pour ainsi réaliser le côté extérieur latéral résistant à la pression dans un dimensionnement rigide en correspondance avec les forces transversales à attendre du processus d'enroulement, de sorte que l'on obtient également pour des bandages de rotor, un côté extérieur d'outillage résistant à la pression sur tous les côtés, avec le matériau à base de fibres.

Selon un autre mode de réalisation avantageux, on fournit et prépare un outillage de mise en forme présentant une surface d'outillage élastique, dans laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, la surface d'outillage élastique étant adjacente à une cavité intérieure susceptible d'être soumise à une surpression intérieure. Avant, pendant et après la pose du matériau à base de fibres sur la surface d'outillage élastique, la cavité est soumise à une surpression intérieure, le matériau de matrice en provenance du réservoir de matériau de matrice étant expulsé des ouvertures d'infusion se trouvant dans la surface d'outillage élastique, sous une pression d'infusion supérieure à la surpression intérieure à laquelle est soumise la cavité de l'outillage de mise en forme.

On peut ainsi envisager de prévoir avant la pose du matériau à base de fibres une légère surpression intérieure pour stabiliser suffisamment l'outillage de mise en forme avec la surface d'outillage élastique, en vue de la pose des fibres.

Comme la pression d'infusion est supérieure à la surpression intérieure de la cavité de l'outillage de mise en forme, la surface d'outillage élastique s'esquive sous l'effet de la pression d'infusion lorsque le matériau de matrice est expulsé sous pression des ouvertures d'infusion, de sorte qu'il se forme entre le matériau à base de fibres et la surface d'outillage élastique, un interstice dans lequel le matériau de matrice peut se propager pour infuser le matériau à base de fibres.

40

Il s'avère ici particulièrement avantageux de soumettre la cavité à une surpression intérieure après la pose du matériau à base de fibres, pour augmenter ainsi la pression d'application, avec laquelle le matériau à base de fibres s'appuie sur la surface d'outillage. Cela permet d'obtenir une augmentation de la teneur en volume des fibres, tout en permettant simultanément d'éliminer des irrégularités lors de la pose des fibres. Il est ici possible de soumettre la cavité à une surpression intérieure pouvant aller jusqu'à la charge préconisée pour le matériau à base de fibres, une imprégnation complète du matériau à base de fibres avec du matériau de matrice, par infusion, pouvant malgré tout être obtenue en raison de la pression d'infusion encore plus élevée.

A cet effet, il s'avère particulièrement avantageux d'éliminer la différence de pression entre la pression d'infusion et la pression intérieure après avoir expulsé une certaine quantité de matériau de matrice par les ouvertures d'infusion, pour ainsi laisser le matériau de matrice expulsé sous pression infuser dans le matériau à base de fibres, puis de ré-augmenter la différence de pression entre la pression d'infusion et la pression intérieure après écoulement d'un intervalle de temps prescrit, jusqu'à ce que la pression d'infusion soit à nouveau plus élevée que la pression intérieure. L'établissement ou le réglage d'une différence de pression peut par exemple être réalisé en augmentant la pression d'infusion ou en abaissant la pression intérieure de la cavité. Pour éliminer la différence de pression, il est possible d'abaisser la pression d'infusion sensiblement au niveau de la pression intérieure de la cavité, ou d'augmenter la pression intérieure de la cavité sensiblement au niveau de la pression d'infusion.

Une telle infusion par étapes est par exemple nécessaire dans le cas de vitesses d'écoulement trop faibles, pour éviter l'instabilité du réservoir dans le cas de déformations trop importantes de l'outillage de mise en forme.

Un autre avantage de la surface d'outillage élastique réside dans le fait qu'après mise sous vide de l'outillage de mise en forme après le durcissement du matériau de matrice, l'outillage de mise en forme, dans le cas d'une ouverture polaire d'une dimension suffisante, peut être extrait du réservoir. On peut ainsi par exemple envisager de fournir et préparer un outillage de mise en forme présentant une surface d'outillage élastique en un matériau du type PE (polyéthylène), ce qui permet d'utiliser un mandrin d'enroulement ou de mise en forme élastique pour la fabrication de

structures composites renforcées de fibres. Le mandrin de mise en forme peut ici présenter un diamètre d'environ 1 m et une longueur d'environ 3 m, et être constitué d'un matériau du type PE d'une épaisseur de 4 mm à 5 mm, qui peut être fabriqué par exemple par un simple procédé de moulage par rotation. En vue d'une stabilisation suffisante d'un tel outillage de mise en forme, le mandrin de mise en forme ou d'enroulement est soumis à une surpression intérieure d'environ 100 mbar, ce qui est suffisant pour une pose de fibres correspondante.

10 Dans le cas de l'utilisation d'un matériau du type PE, on peut en outre, pour le démoulage d'un mandrin d'enroulement ou de mise en forme, faire fondre l'outillage de mise en forme et évacuer la matière ramollie. La condition nécessaire à cet effet est l'utilisation de systèmes de résine réticulée à faible température, qui atteignent leur résistance ou rigidité finale à des températures largement au-dessus de la température de fusion du matériau utilisé pour l'outillage de mise en forme, de sorte qu'il soit possible d'extraire l'outillage de mise en forme par fusion.

20 Une surface d'outillage élastique en guise d'outillage de mise en forme sert en outre en tant qu'élément de mise en forme idéale dans le processus de fabrication. A l'inverse d'outillages d'enroulement rigide, de forme stable, les surfaces d'outillage élastiques permettent de corriger des imperfections de contour et d'autres imperfections géométriques après la pose des fibres. Cela s'effectue par une simple sollicitation en pression des pièces formées avec des pressions pouvant aller jusqu'à la charge préconisée du matériau à base de fibres. Il en résulte des déformations de l'outillage de mise en forme, qui résultent du glissement du matériau à base de fibres posé de manière géodésique, non précise, et d'un contour extérieur de configuration non isotensoïde de l'outillage de mise en forme dans les zones dites de fond du réservoir. La structure de réservoir déformée, fabriquée de cette manière, représente pratiquement un optimum quant à la tenue aux sollicitations des structures composites renforcées de fibres.

35 D'après un autre mode de réalisation avantageux, l'expulsion sous pression du matériau de matrice par les ouvertures d'infusion est effectuée au moyen d'une pression d'infusion produite hydrauliquement, ce qui permet d'établir des pressions d'infusion notablement plus élevées que dans des procédés usuels.

Par ailleurs, le but recherché par l'invention est également atteint grâce à une installation de fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres en un matériau à base de fibres infusé par un matériau de matrice, l'installation comprenant un outillage de mise en forme avec une surface d'outillage dans laquelle sont prévues une ou plusieurs ouvertures d'infusion, reliées de manière résistante à la pression, à un réservoir de matériau de matrice. L'installation comporte en outre un dispositif d'alimentation en pression conçu pour expulser par les ouvertures d'infusion et en direction des matériaux à base de fibres posés le matériau de matrice en provenance du réservoir de matériau de matrice, sous une pression d'infusion prescrite.

D'après un mode de réalisation avantageux, l'installation conforme à l'invention comporte un dispositif d'alimentation en pression hydraulique, configuré pour produire une pression d'infusion hydraulique pour expulser le matériau de matrice par les ouvertures d'infusion.

D'après un autre mode de réalisation avantageux de l'installation conforme à l'invention, l'outillage de mise en forme possède une surface d'outillage élastique dans laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, l'outillage de mise en forme comprenant en outre une cavité située à l'intérieur, adjacente à la surface d'outillage élastique et conçue pour être soumise à une surpression intérieure, en vue d'augmenter la pression d'appui du matériau à base de fibres ayant été posé.

L'invention va être explicitée à titre d'exemple, au regard des figures annexées qui montrent :

- Figure 1 une représentation schématique d'une vue de côté d'un outillage d'enroulement ;
- Figure 2 une représentation en coupe de l'outillage d'enroulement représenté schématiquement selon la figure 1 ;
- Figure 3 une représentation schématique d'une chemise ou d'un liner pour la fabrication de réservoirs sous pression.

La figure 1 montre schématiquement, selon une vue de côté, un outillage de mise en forme 1 qui, en tant qu'outillage d'enroulement, présente une surface d'outillage 2 s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction. L'outillage de mise en forme 1 peut ici tourner autour d'un axe 3, à

savoir un arbre, de sorte que la surface 2 effectue un mouvement de rotation. De cette façon, le matériau à base de fibres peut être posé de manière périphérique sur la surface 2 de l'outillage. En vue d'assurer un soutien latéral, on prévoit ici des éléments dits épaulements d'enroulement 4, qui assurent une délimitation latérale pour le matériau à base de fibres à poser sur la surface 2.

La figure 2 montre schématiquement l'outillage de mise en forme 1 de la figure 1, sous un angle d'observation tourné de 90°, à savoir en vue de dessus sur la surface d'outillage 2. Conformément à l'invention, dans la surface d'outillage 2 sont prévues un grand nombre d'ouvertures d'infusion 5, qui sont toutes ensemble reliées à un réservoir de matériau de matrice 7, par l'intermédiaire d'une liaison 6 résistant à la pression.

A l'aide d'un dispositif d'alimentation en pression 8, le matériau de matrice 9 contenu dans le réservoir de matériau de matrice 7 peut être expulsé par les ouvertures d'infusion 5 de la surface d'outillage 2, par l'intermédiaire de la liaison 6 résistant à la pression, de sorte que le matériau de matrice 9 peut infuser radialement de l'intérieur vers l'extérieur, dans un matériau à base de fibres 10 ayant été déposé sur la surface d'outillage 2. Sur la figure 2, le matériau à base de fibres 10 est montré déposé sur la surface d'outillage 2 selon une représentation en coupe, pour ainsi permettre une vue sur la surface d'outillage 2.

La pression d'infusion sous laquelle le matériau de matrice 9, par exemple un système de résine, est expulsé des ouvertures d'infusion 5 devrait de préférence être supérieure à la pression d'appui ou d'application du matériau à base de fibres 10.

De préférence, avant la pose du matériau à base de fibres 10 sur la surface d'outillage 2, on peut intercaler entre ceux-ci un tissu grossier en guise d'aide à l'écoulement, pour ainsi pouvoir bien répartir en surface, entre le matériau à base de fibres 10 et la surface d'outillage 2, le matériau de matrice expulsé des ouvertures d'infusion 5, en vue d'obtenir de manière fiable une imprégnation complète du matériau à base de fibres 10. Il est également envisageable de fraiser dans la surface d'outillage 2 des canaux d'écoulement appropriés (non représentés), par lesquels le matériau de matrice est tout d'abord réparti sur la surface d'outillage 2, et infuse ensuite

le matériau à base de fibres, en raison de la pression d'infusion.

5 La figure 3 montre schématiquement une chemise appelée liner 15, qui est destinée à la fabrication d'un réservoir sous pression en un matériau composite renforcé de fibres. Le liner 15 présente d'un côté une ouverture polaire 11 par laquelle les conduites de coulée pour l'infiltration du matériau de matrice passent à l'intérieur du liner 15. De l'autre côté, le liner 15 présente une ouverture polaire 12 par laquelle la cavité 13 du liner peut être alimentée ou soumise à une pression de fluide. On peut ainsi, par exemple, stabiliser une surface d'outillage 14 flexible destinée à la pose des fibres, ou l'amener à la charge maximale préconisée pour les matériaux à base de fibres posés.

15 Après la pose du matériau à base de fibres 10 selon un enroulement annulaire, le matériau de matrice 9 est mené, par l'intermédiaire de la liaison résistant à la pression, de l'ouverture polaire 11 jusqu'à la surface d'outillage flexible 14. Du matériau de matrice 9 est alors expulsé par des ouvertures d'infusion appropriées, et réparti entre la surface d'outillage flexible 14 et le matériau à base de fibres 10. Si la cavité 13 est soumise à une pression, il suffit que le matériau de matrice soit expulsé des ouvertures d'infusion sous une pression d'infusion légèrement plus élevée, pour que la résine se répartisse entre la surface d'outillage flexible 14 du liner 5 et le matériau à base de fibres 10 ayant été posé. A cet effet, la surface d'outillage flexible 14 peut par exemple être texturée, de manière à former de petits canaux de résine sur la surface d'outillage, par lesquels le matériau de matrice peut être réparti sur la surface d'outillage flexible.

Revendications

1. Procédé destiné à l'infusion d'un matériau de matrice (9) dans un
5 matériau à base de fibres (10) pour la fabrication d'une pièce composite
renforcée de fibres, comprenant les étapes consistant à :
- a) fournir et préparer un outillage de mise en forme (1), qui possède
une surface d'outillage (2, 14) dans laquelle sont prévues des
ouvertures d'infusion (5) reliées de manière résistante à la pression à
10 un réservoir (7) de matériau de matrice ;
 - b) poser le matériau à base de fibres sur la surface d'outillage de
l'outillage de mise en forme ;
 - c) infuser le matériau de matrice dans le matériau à base de fibres
15 ayant été posé sur l'outillage de mise en forme, en expulsant sous
une pression d'infusion le matériau de matrice en provenance du
réservoir de matériau de matrice, par les ouvertures d'infusion
présentes dans la surface d'outillage, en direction des matériaux à
base de fibres ayant été posés,
- caractérisé en ce que l'on fournit et prépare un outillage de mise en forme**
20 **comportant une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans**
au moins une direction et dans laquelle sont prévues les ouvertures
d'infusion, qui sont en liaison avec le réservoir de matériau de matrice par
l'intermédiaire d'éléments de liaison résistant à la pression et situés à
l'intérieur, le matériau à base de fibres étant posé de manière périphérique
25 **continue sur la surface d'outillage.**
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la pression
d'infusion sous laquelle le matériau de matrice (9) est expulsé par les
ouvertures d'infusion (5) est supérieure ou égale à la pression d'appui avec
30 laquelle le matériau à base de fibres s'appuie sur la surface d'outillage (2,
14).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce
que l'on fournit et prépare un outillage de mise en forme (1) présentant une
35 surface d'outillage élastique (2, 14) dans laquelle sont prévues les
ouvertures d'infusion (5) et qui est adjacente à une cavité intérieure (13)
susceptible d'être soumise à une surpression intérieure, et en ce qu'avant,

pendant et après la pose du matériau à base de fibres sur la surface d'outillage élastique, la cavité est soumise à une surpression intérieure et le matériau de matrice en provenance du réservoir de matériau de matrice (7) est expulsé par les ouvertures d'infusion se trouvant dans la surface d'outillage élastique, avec une pression d'infusion supérieure à la surpression intérieure à laquelle est soumise la cavité de l'outillage de mise en forme.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'après la pose du matériau à base de fibres (10), la cavité (13) est soumise à une surpression intérieure, de sorte que la pression d'application avec laquelle le matériau à base de fibres (10) s'appuie sur la surface d'outillage est augmentée.

5. Procédé selon la revendication 3 ou 4, caractérisé en ce qu'après expulsion d'une certaine quantité de matériau de matrice par les ouvertures d'infusion, la pression d'infusion est abaissée sensiblement à la valeur de la pression intérieure de la cavité, ou bien la pression intérieure de la cavité est augmentée sensiblement à la valeur de la pression d'infusion, pour laisser le matériau de matrice expulsé sous pression infuser dans le matériau à base de fibres, et après écoulement d'un intervalle de temps, la pression d'infusion est ré-augmentée ou la pression intérieure de la cavité à nouveau abaissée, jusqu'à ce que la pression d'infusion excède à nouveau la pression intérieure.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'expulsion du matériau de matrice par les ouvertures d'infusion est effectuée au moyen d'une pression d'infusion produite hydrauliquement.

7. Installation de fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres en un matériau à base de fibres (10) infusé par un matériau de matrice (9), l'installation comprenant un outillage de mise en forme (1) avec une surface d'outillage (2, 14) sur laquelle peut être posé du matériau à base de fibres, une ou plusieurs ouvertures d'infusion (5) étant prévues dans la surface d'outillage et étant reliées de manière résistante à la pression à un réservoir (7) de matériau de matrice, et un dispositif d'alimentation en pression (8) étant prévu pour expulser sous une pression d'infusion prescrite, par les ouvertures d'infusion et en direction des matériaux à base de fibres posés,

le matériau de matrice provenant du réservoir de matériau de matrice, caractérisée en ce que l'outillage de mise en forme possède une surface d'outillage s'étendant sur toute une périphérie dans au moins une direction et dans laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, lesquelles sont en
5 liaison avec le réservoir de matériau de matrice par l'intermédiaire d'éléments de liaison résistant à la pression, situés à l'intérieur.

8. Installation selon la revendication 7, caractérisée en ce que l'installation comporte un dispositif d'alimentation en pression (8) hydraulique, configuré
10 pour produire une pression d'infusion hydraulique pour expulser le matériau de matrice (9) par les ouvertures d'infusion (5).

9. Installation selon la revendication 7 ou 8, caractérisée en ce que l'outillage de mise en forme possède une surface d'outillage élastique dans
15 laquelle sont prévues les ouvertures d'infusion, et l'outillage de mise en forme comprend en outre une cavité (13) située à l'intérieur, adjacente à la surface d'outillage élastique et conçue pour être soumise à une surpression intérieure, pour augmenter la pression d'appui du matériau à base de fibres ayant été posé.
20

1/3

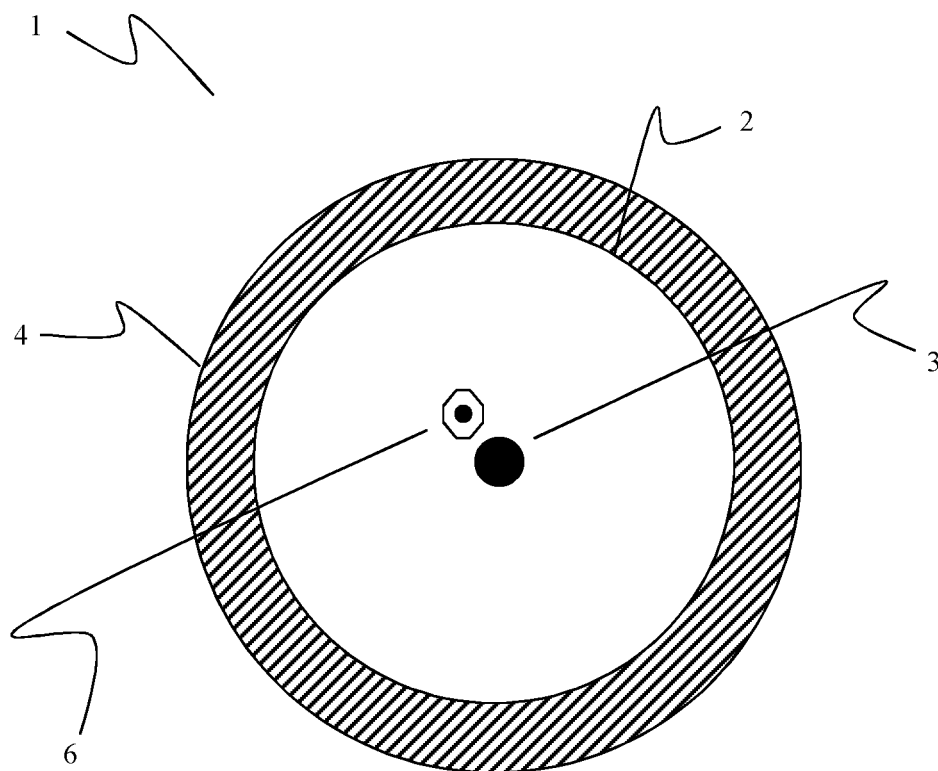


Figure 1

2/3

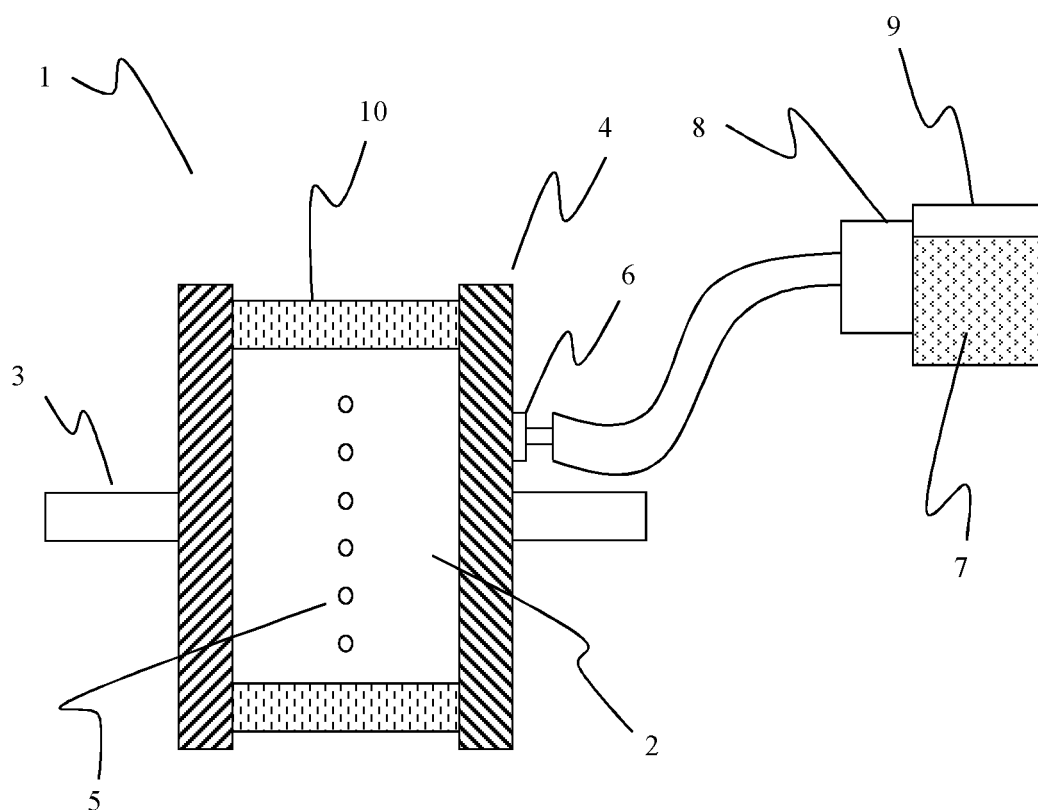


Figure 2

3/3

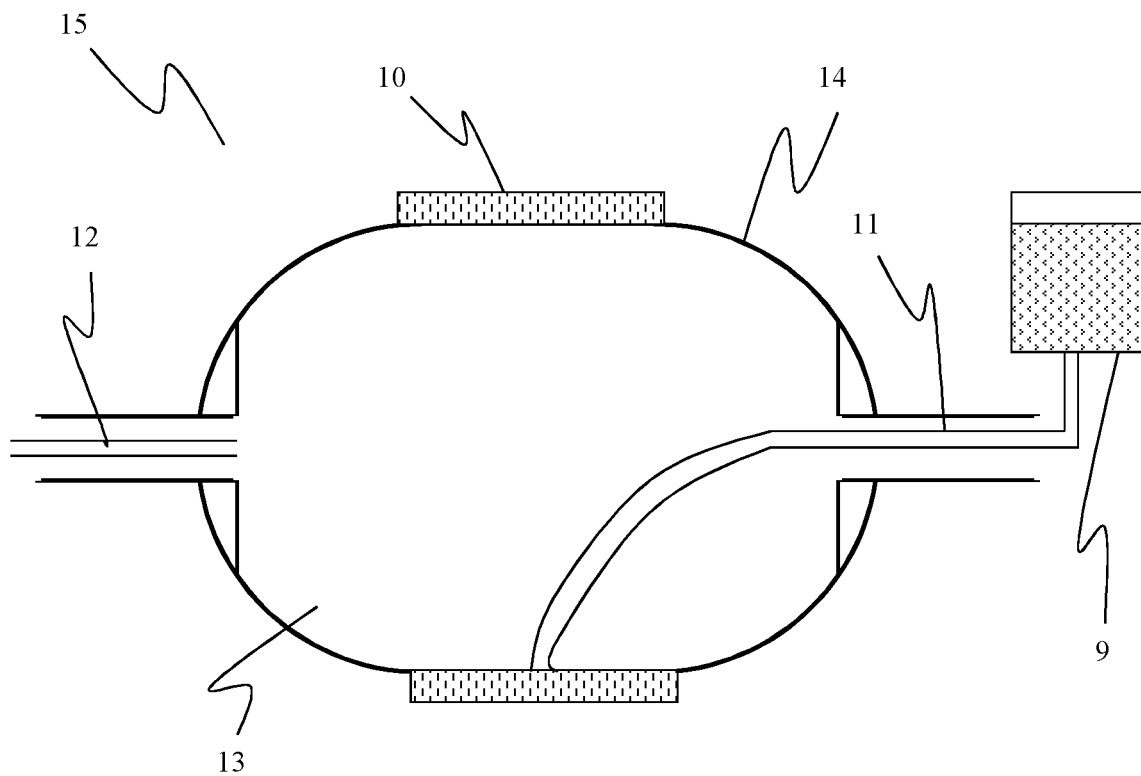


Figure 3