

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 028 448

②1 N° d'enregistrement national : 15 61090

⑤1 Int Cl⁸ : B 32 B 37/10 (2016.01), B 29 C 70/44

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.11.15.

③0 Priorité : 18.11.14 DE 102014116848.8.

④3 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 20.05.16 Bulletin 16/20.

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 FUR LUFT-
UND RAUMFAHRT E.V. — DE.

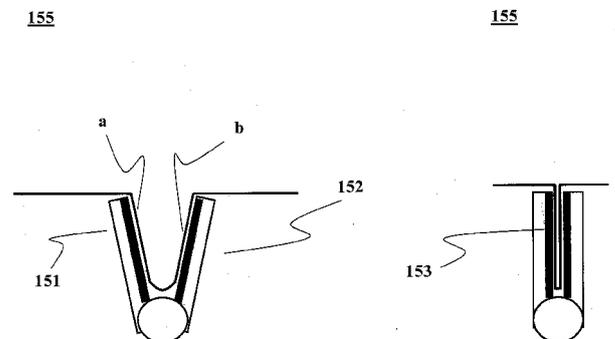
⑦2 Inventeur(s) : BOLKE JENS RAMON, KROMBHOLZ
CHRISTIAN et KOLBE ANDREAS.

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

⑦4 Mandataire(s) : CABINET PONTET ALLANO &
ASSOCIES SELARL.

⑤4 PROCÉDE ET INSTALLATION POUR FABRIQUER AUTOMATIQUÉMENT UN ASSEMBLAGE DE MISE SOUS
VIDE.

⑤7 L'invention concerne un procédé et une installation
pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de
mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce compo-
sité renforcée de fibres; plusieurs couches de matériau (M1-
M5) non confectionnées sont d'abord préparées et fournies
pour l'assemblage de mise sous vide, puis assemblées de
manière automatisée, couche par couche, par un dispositif
de montage (120) pour former un assemblage de mise sous
vide pré-confectionné, les couches de matériau étant
confectionnées automatiquement par un dispositif de coupe
(140), en fonction de données géométriques prescrites.



FR 3 028 448 - A1



Procédé et installation pour fabriquer automatiquement un assemblage de mise sous vide

L'invention concerne un procédé et une installation pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide.

Les pièces en un matériau composite renforcé de fibres, à savoir les pièces composites renforcées de fibres, sont aujourd'hui incontournables dans le domaine aéronautique et aérospatial. Mais l'utilisation de tels matériaux est également de plus en plus plébiscitée dans le domaine automobile. Des éléments structurels particulièrement sollicités sont fabriqués avec un poids minimal en des matières plastiques renforcées de fibres, en raison des grandes résistance et rigidité de ces matières, par unité de poids. Grâce aux propriétés anisotropes résultant de l'orientation des fibres des matériaux composites renforcés de fibres, les pièces peuvent être adaptées à des charges ou contraintes locales, en permettant ainsi une exploitation optimale du matériau dans l'optique d'une construction allégée.

Un procédé de fabrication fréquemment mis en œuvre dans la pratique pour fabriquer des pièces composites renforcées de fibres, est le procédé dit Open-Mould (à moule ouvert), d'après lequel du matériau à base de fibres est introduit dans un outillage de mise en forme et enfermé de manière étanche à l'air (par rapport à l'atmosphère) à l'aide d'un assemblage de mise sous vide. On met ensuite sous vide le matériau à base de fibres enfermé de manière étanche sous l'assemblage de mise sous vide. Lorsqu'on utilise des semi-produits à base de fibres secs, on infuse alors du matériau de matrice en vue d'imprégner le matériau à base de fibres avec le matériau de matrice. Lorsqu'on utilise des prépregs, à savoir des semi-produits à base de fibres pré-imprégnés, les matériaux à base de fibres sont déjà infusés avec le matériau de matrice. Par durcissement du matériau de matrice, il se produit une liaison entre le matériau à base de fibres et le matériau de matrice, ce qui réalise la fabrication de la pièce composite renforcée de fibres. En partie, on utilise également sous l'assemblage de mise sous vide, des pièces ou surfaces de pièces déjà durcies, pour ainsi réaliser des éléments de structure spéciaux. Un tel assemblage de mise sous vide comprend en règle générale plusieurs couches de matériau, constituées chacune de matériaux différents et formant ainsi respectivement

des couches fonctionnelles différentes, en fonction de la technologie de fabrication. Les couches fonctionnelles formées par les couches de matériau doivent ici assurer chacune une fonction spécifique dans le processus de fabrication global, pour permettre de fabriquer de manière fiable une pièce composite renforcée de fibres, par exemple selon le procédé dit à moule ouvert ou open-mould ou de manière générale par le processus de durcissement sous vide.

De telles couches de matériau, qui sont souvent utilisées dans la pratique, peuvent par exemple être une feuille de mise sous vide, un non-tissé d'aspiration, une aide à l'écoulement, une feuille de séparation, un tissu d'arrachement et/ou une bande d'étanchéité au vide. En supplément, il est possible d'appliquer des moyens auxiliaires spéciaux pour le scellage de l'assemblage de mise sous vide par rapport à l'atmosphère. La fabrication de l'assemblage de mise sous vide s'effectue ici généralement par du personnel qualifié, c'est-à-dire à la main, entraînant notamment dans le cas de pièces de grande taille en matériaux composites renforcés de fibres, des coûts énormes en raison du temps important passé à réaliser l'assemblage de mise sous vide. L'assemblage de mise sous vide doit ici toujours être construit pas à pas, c'est-à-dire que c'est seulement après l'introduction du matériau à base de fibres dans l'outillage de mise en forme, que les couches individuelles de matériau de l'assemblage de mise sous vide peuvent être introduites et fixées strate après strate ou couche après couche, en formant au final l'assemblage de mise sous vide complet avec le matériau à base de fibres qui y est enfermé. Suivant le procédé ou le mode opératoire utilisé, l'ordre des couches fonctionnelles individuelles peut différer.

Aussi bien la découpe des couches de matériau individuelles, que le drapage des couches de matériau dans l'outillage de mise en forme pour la fabrication de l'assemblage de mise sous vide, constituent non seulement un facteur de coût élevé, mais également une source d'erreur importante pouvant conduire notamment à la mise au rebut de la totalité de la pièce. En particulier dans le cas de grandes pièces du domaine aéronautique et aérospatial, un assemblage de mise sous vide défectueux peut conduire au rebut de la pièce, parce que dans le cadre des exigences strictes de qualité, les défauts ne sont tolérés que sous certaines conditions.

En conséquence, le but de la présente invention consiste à indiquer un procédé amélioré pour fabriquer un tel assemblage de mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, permettant de réduire le taux d'erreurs et de mener l'ensemble du

processus de fabrication avec une garantie de qualité. Un but de la présente invention consiste également à indiquer une installation correspondante pour la fabrication d'un tel assemblage de mise sous vide.

5 Ce but est atteint à l'aide d'un procédé pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide, plusieurs couches de matériau non
10 confectionnées, étant fournies et préparées pour l'assemblage de mise sous vide par un dispositif de fourniture et de préparation de matériaux, caractérisé en ce que les couches de matériau sont montées ensemble couche par couche, automatiquement, par un dispositif de montage pour former un assemblage pré-confectionné de mise sous vide, les couches de
15 matériau étant confectionnées par un dispositif de coupe avant, pendant ou après le montage, en fonction de données géométriques prescrites.

Conformément à l'invention, il est proposé un procédé pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide destiné à la
20 fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide. Pour la fabrication automatisée de l'assemblage de mise sous vide, plusieurs couches de matériau non confectionnées, pour l'assemblage de mise sous vide, sont
25 fournies et préparées par un dispositif de fourniture et de préparation de matériaux. Les couches de matériau correspondent ici aux couches individuelles de matériau pour la fabrication de l'assemblage de mise sous vide et forment ainsi les couches fonctionnelles individuelles. Les couches de matériau individuelles peuvent ici comprendre chacune des matériaux
30 différents pour pouvoir ainsi former les couches fonctionnelles individuelles de l'assemblage de mise sous vide. Le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux fournit et prépare les couches de matériau non confectionnées, par exemple sous forme de bande, les différentes couches de matériau étant enroulées sur des rouleaux et fournies sous cette forme.

35 Par couches de matériau non confectionnées on entend la fourniture et la préparation du matériau respectivement considéré des couches de matériau, de manière que ces couches de matériau se présentent non encore découpées aux dimensions et à la géométrie exigées, c'est-à-dire

que les couches de matériau individuelles ne sont pas encore confectionnées.

5 Conformément à l'invention, il est à présent prévu que les couches de matériau soient montées ensemble couche par couche, de manière automatisée, par un dispositif de montage, pour former un assemblage de mise sous vide pré-confectionné, les couches de matériau étant confectionnées par un dispositif de coupe avant, pendant ou après le montage, en fonction de données géométriques prescrites.

10 Les couches de matériau fournies et préparées par le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux, par exemple fournies sous la forme de bandes, peuvent ainsi être amenées, par exemple en passant par des rouleaux de renvoi, au dispositif de montage où elles sont montées ensemble couche par couche. Le montage des couches de matériau individuelles se fait ici sur les côtés formant les faces des couches de matériau, en conduisant ainsi à l'assemblage de mise sous vide avec les différentes couches fonctionnelles respectives.

20 Pour que le futur assemblage de mise sous vide soit adapté à l'outillage de mise en forme ou à la pièce à fabriquer, les couches de matériau non confectionnées sont découpées par un dispositif de coupe en fonction des données géométriques prescrites, et sont en conséquence confectionnées de manière à correspondre à la géométrie souhaitée, de sorte qu'il en résulte, après la fabrication automatisée de l'assemblage de mise sous vide, un assemblage de mise sous vide, pré-confectionné, constitué de couches de matériau individuelles, qui forment chacune une couche fonctionnelle. La découpe des couches de matériau par le dispositif de coupe peut avoir lieu avant, pendant ou après le montage des couches de matériau. Il est ainsi par exemple envisageable que les couches de matériau non confectionnées soient confectionnées par le dispositif de coupe avant le montage des couches de matériau individuelles, puis que les couches de matériau ainsi confectionnées soient montées ensemble par le dispositif de montage. Mais on peut également envisager que l'ensemble de l'assemblage de mise sous vide soit tout d'abord réalisé par le montage des couches de matériau individuelles, puis confectionné par le dispositif de coupe. Dans une troisième variante, il est par exemple envisageable de commencer par monter ensemble et découper certaines couches de matériau individuelles, les couches de matériau ainsi confectionnées et montées ensemble étant alors montées ensemble pour former l'ensemble

30
35
40

de l'assemblage de mise sous vide. Cela s'avère avantageux, par exemple lorsque différentes couches de matériau présentent des dimensions ou des géométries différentes, qui ne peuvent pas être fabriquées au cours d'une étape de confection commune.

5

Conformément à ce procédé, on peut ainsi fabriquer un assemblage de mise sous vide de manière automatisée, c'est-à-dire de monter ensemble les couches fonctionnelles individuelles et de les confectionner de manière appropriée, de manière automatisée. Par rapport au procédé de fabrication manuelle, le procédé automatisé conforme à l'invention offre l'avantage de ne pas nécessiter une fabrication de l'assemblage de mise sous vide directement chez le fabricant des pièces, mais de permettre une fabrication, par exemple par un fabricant externe. L'automatisation du processus permet de réduire les erreurs lors de la mise en place des couches et de fabriquer ainsi un assemblage de mise sous vide avec une qualité reproductible. En outre, il est possible d'abaisser significativement les coûts pour la fabrication, notamment de pièces composites renforcées de fibres de grande taille, parce qu'à présent l'assemblage de mise sous vide ne se construit plus manuellement. La flexibilité du procédé en termes de confection permet de fabriquer selon un processus fiable, même des assemblages de mise sous vide de différents types et de différentes géométries, sans devoir à cet effet, par exemple, remplacer de grandes parties de l'installation.

10

15

20

25

Les couches de matériau individuelles peuvent par exemple être une feuille de mise sous vide, un non-tissé d'aspiration, une aide à l'écoulement, une feuille de séparation, un tissu d'arrachement et/ou une bande d'étanchéité au vide.

30

D'après un mode de réalisation avantageux du procédé, l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné est enroulé sur un rouleau après sa fabrication, de sorte qu'il est transportable. Il est également envisageable que plusieurs assemblages de mise sous vide pré-confectionnés soient fabriqués successivement et soient enroulés ensemble sur un rouleau.

35

Conformément à un mode de réalisation avantageux du procédé, au moins deux couches de matériau montées ensemble sont fixées localement au moyen d'une colle. A cet effet, à l'aide d'un dispositif d'encollage une colle

est appliquée sur l'une ou les deux couches de matériau, puis les deux couches de matériau sont assemblées sur le côté où a été appliquée la colle, de sorte que les deux couches de matériau peuvent être fixées localement au moyen de la colle. L'unité d'encollage, par exemple sous la
5 forme de buses d'encollage, peut appliquer la quantité souhaitée de colle sur les couches de matériau. Mais on peut également envisager d'appliquer avec le dispositif d'encollage un genre de ruban adhésif double face sur l'une des couches de matériau, de sorte que lors du montage des deux couches de matériau l'une avec l'autre, celles-ci soient fixées localement
10 l'une à l'autre en raison du ruban adhésif double face.

Conformément à un mode de réalisation avantageux, après le montage des couches de matériau, on y réalise un ou plusieurs plis de matériau grâce à un dispositif de drapage, en appliquant l'un contre l'autre deux tronçons de
15 couches de matériau, qui forment le futur pli de matériau. La réalisation d'un pli de matériau dans les couches de matériau montées permet de conférer des structures tridimensionnelles à l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, qui correspondront ultérieurement à la géométrie de pièce à réaliser. Au moyen d'un dispositif de relevé de position, il est possible de
20 détecter la position et l'orientation de l'assemblage de mise sous vide, pour pouvoir réaliser alors dans l'assemblage de mise sous vide, dans la position nécessaire, le pli de matériau, en fonction des données de pièce. A cet effet, deux tronçons de couches de matériau sont regroupés l'un contre l'autre, de sorte qu'au moins la couche de matériau inférieure à l'intérieur de
25 ce tronçon de couche de matériau est en contact avec elle-même. Le pli de matériau peut par exemple être produit par un genre d'emboutissage assisté par le vide.

De tels plis de matériau sont par exemple nécessaires dans un assemblage
30 de mise sous vide, par exemple pour des éléments de renfort comme par exemple des raidisseurs ou lisses, qui font saillie en porte-à-faux de la surface de la pièce composite renforcée de fibres à fabriquer.

Il s'avère ici particulièrement avantageux que les tronçons de couches de
35 matériau regroupés soient soudés l'un à l'autre au niveau des bords, par un dispositif de soudage, qui peut faire partie intégrante du dispositif de

drapage. Comme en règle générale, la dernière couche de matériau est une feuille de mise sous vide, il s'avère particulièrement avantageux que le dispositif de soudage soit conçu pour le soudage de feuilles ou de films, par exemple par apport d'énergie thermique, de sorte que la couche de matériau supérieure (feuille de mise sous vide) se trouvant aux bords du pli de matériau est soudée réciproquement par soudage feuille à feuille. A cet effet, le dispositif de soudage comprend deux branches mobiles l'une par rapport à l'autre, les deux tronçons de couches de matériau étant introduits entre les deux branches, qui sont ensuite rapprochées l'une de l'autre, en pressant l'un contre l'autre les deux tronçons de couches de matériau de l'assemblage de mise sous vide, et en les soudant l'un à l'autre.

D'après un mode de réalisation avantageux, la géométrie de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué, est relevée au moyen d'un dispositif de relevé de géométrie, par exemple un dispositif de relevé de géométrie à base de caméra, et comparée au moyen d'une unité de calcul à une géométrie de consigne pour vérifier l'exactitude de la géométrie. On peut ainsi vérifier, lors d'un processus d'assurance qualité en aval, si l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné fabriqué de manière automatisée respecte les tolérances imposées à la pièce.

Le but recherché est par ailleurs également atteint grâce à un procédé pour fabriquer une pièce composite renforcée de fibres, que l'on fabrique par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres en utilisant un assemblage de mise sous vide, comprenant les étapes suivantes :

- a) fourniture et préparation d'un assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué selon le procédé conforme à l'invention cité précédemment, pour la fabrication automatisée d'un assemblage de mise sous vide,
- b) enfermement étanche au vide d'un matériau à base de fibres ayant été introduit dans un outillage de mise en forme, au moyen de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, et
- c) fabrication de la pièce composite renforcée de fibres par durcissement du matériau de matrice infusé dans le matériau à base de fibres.

Il est ainsi proposé de commencer par fournir et préparer un assemblage de mise sous vide pré-confectionné, ayant été fabriqué conformément au

procédé cité précédemment. Ensuite, à l'aide de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné on enferme de manière étanche au vide, un matériau à base de fibres introduit dans un outillage de mise en forme, puis on fabrique la pièce composite renforcée de fibres.

5

Le but recherché est par ailleurs également atteint conformément à l'invention, grâce à une installation pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, cette pièce composite renforcées de fibres étant fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide. L'installation comprend : un dispositif de fourniture et de préparation de matériaux pour la préparation et la fourniture de plusieurs couches de matériau non confectionnées pour l'assemblage de mise sous vide ; un dispositif de montage conçu pour monter ensemble couche par couche, des couches de matériau qui sont amenées par le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux au dispositif de montage, en vue de former un assemblage de mise sous vide pré-confectionné ; et un dispositif de coupe, configuré pour confectionner les couches de matériau en fonction de données géométriques prescrites, avant, pendant ou après le montage des couches de matériau.

L'installation est notamment configurée pour la mise en œuvre du procédé précédemment cité pour fabriquer un assemblage de mise sous vide. L'installation comprend un dispositif de fourniture et de préparation de matériaux pour la préparation et la fourniture de plusieurs couches de matériau non confectionnées pour l'assemblage de mise sous vide, ainsi qu'un dispositif de montage conçu pour monter ensemble couche par couche, des couches de matériau amenées au dispositif de montage par le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux en vue de former un assemblage de mise sous vide pré-confectionné. Au moyen d'un dispositif de coupe, qui fait partie de l'installation, les couches de matériau sont confectionnées en fonction de données géométriques prescrites, avant, pendant ou après le montage des couches de matériau, par exemple en les découpant selon une géométrie prescrite.

D'après des modes de réalisation avantageux :

- le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux est configuré pour préparer et fournir les couches de matériau sous forme de bande sur des rouleaux ;
- un dispositif d'enroulement est configuré pour enrouler l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné ayant été fabriqué ;

- le dispositif de montage possède une unité d'encollage, configurée pour appliquer une colle sur au moins une couche de matériau pour fixer localement deux couches de matériau montées ensemble ;
- le dispositif de montage comprend un ou plusieurs rouleaux de renvoi pour le montage des couches de matériau les unes avec les autres, le dispositif de coupe étant configuré pour confectionner les couches de matériau sur l'un au moins des rouleaux de renvoi ;
- il est prévu un dispositif de drapage, configuré pour réaliser un pli de matériau dans les couches de matériau montées ensemble, deux tronçons de couches de matériau, qui formeront le futur pli de matériau, étant appliqués l'un contre l'autre par le dispositif de drapage ;
- le dispositif de drapage comporte un dispositif de soudage configuré pour souder ensemble, au niveau des bords, les tronçons de couches de matériau repliés l'un contre l'autre, le dispositif de soudage comprenant deux branches diamétralement opposées et montées mobiles l'une par rapport à l'autre, entre lesquelles peuvent être insérés de manière diamétralement opposée les deux tronçons de couches de matériau, de façon que par rapprochement des branches les tronçons de couches de matériau soient compressés et soudés l'un à l'autre au niveau des bords ;
- il est prévu un dispositif de relevé de géométrie, qui est configuré pour relever la géométrie de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué, et qui est relié à une unité de calcul conçue pour vérifier l'exactitude de la géométrie par comparaison de la géométrie relevée avec une géométrie de consigne.

25

Ainsi, le dispositif de montage peut comporter par exemple un ou plusieurs rouleaux de renvoi pour monter ensemble les couches de matériau, l'installation étant configurée de façon que les couches de matériau soient amenées à un rouleau de renvoi par le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux, les couches de matériau étant ensuite assemblées par le rouleau de renvoi. Cela peut par exemple s'effectuer en cascade, plusieurs rouleaux de renvoi assemblant respectivement deux ou plusieurs couches de matériau différentes, et ces plusieurs couches de matériau ainsi assemblées étant ensuite montées ensemble pour former un assemblage de mise sous vide.

35

Le dispositif de coupe peut ici être configuré de manière à couper

directement sur les rouleaux de renvoi, en permettant une installation la plus compacte possible et avec le moins d'emprise possible.

5 Les données géométriques prescrites peuvent par exemple être déterminées en fonction de données géométriques de l'outillage de mise en forme et/ou de la pièce à fabriquer.

L'invention va être explicitée davantage, à titre d'exemple, au regard des dessins annexés. Ceux-ci montrent :

10

Figure 1 représentation de la chaîne de processus pour la fabrication automatisée de l'assemblage de mise sous vide ;

Figure 2 représentation schématique d'une installation pour la fabrication automatisée d'un assemblage de mise sous vide ;

15

Figure 3 représentation schématique de la fabrication d'un pli.

La figure 1 montre l'ensemble de la chaîne de processus pour la fabrication automatisée d'un assemblage de mise sous vide. Lors d'une première étape, on fournit et prépare les données géométriques numériques 10 pour la fabrication de l'assemblage de mise sous vide, les données géométriques numériques incluant notamment la confection des différentes couches de matériau individuelles. Les données géométriques numériques peuvent par exemple être produites à partir de données de pièce 11, de données d'outillage de mise en forme 12 et/ou à partir de propriétés de l'assemblage de mise sous vide 13 à fabriquer, lui-même.

20

Lors de la deuxième étape a lieu la préparation et la fourniture de matériaux 20, mettant à disposition les couches de matériau nécessaires à l'assemblage de mise sous vide, notamment sous forme de bande.

30

Lors de l'étape suivante 30, les couches de matériau individuelles sont montées ensemble par paquets, de sorte qu'il en résulte plusieurs paquets de couches de matériau 31, 32 et 33 comprenant chacun respectivement différentes couches de matériau. Cela est par exemple nécessaire lorsque différentes couches de matériau nécessitent des confections différentes.

35

Les paquets de couches de matériau 31, 32 et 33 respectivement différents sont alors confectionnés au moyen du dispositif de coupe, lors d'une quatrième étape 40, de sorte qu'il en résulte un premier paquet confectionné 41, un deuxième paquet confectionné 42 et un troisième

40

paquet confectionné 43. A la suite de cela, les paquets pré-confectionnés 41, 42, 43 sont montés ensemble en un paquet global lors d'une opération de montage global, de sorte que l'on a ainsi, au moins quant aux dimensions, fabriqué un assemblage de mise sous vide pré-confectionné.

5

L'assemblage de mise sous vide ainsi pré-confectionné, à savoir les couches de matériau individuelles montées ensemble, est alors, le cas échéant, amené à un dispositif de drapage, pour pouvoir ainsi réaliser dans le paquet global des plis de matériau, lors d'une autre étape 60. Lors de la réalisation des plis à l'étape 60, les plis de matériau sont soudés au niveau des bords, notamment par soudage de feuille, de sorte que l'assemblage de mise sous vide est également fermé de manière étanche au vide au niveau des bords des plis de matériau.

10

Au cours d'une autre étape de processus 70 optionnelle, on peut ensuite appliquer par exemple une bande de scellage, pour compléter ainsi l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné. Ensuite, au cours de la dernière étape 80, l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné dont la fabrication est achevée, est enroulé ou bobiné, de sorte qu'il est par exemple transportable.

20

La figure 2 montre schématiquement un exemple de réalisation d'une installation 100 permettant de fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide pour la fabrication de pièces composites renforcées de fibres. L'exemple de réalisation de la figure 2 est de manière analogue à considérer comme exemple concernant le choix des matériaux. L'installation 100 comprend d'abord un dispositif de fourniture et de préparation de matériaux 110 permettant de fournir et préparer les différentes couches de matériau M1 à M4. A cet effet, le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux 110 comprend, pour chaque couche de matériau M1 à M4, un rouleau de matériau 111, 112, 113 et 114 à l'aide duquel est fournie et préparée la couche de matériau M1 à M4 respective.

25

30

La couche de matériau M1, fournie et préparée par le rouleau de matériau 111, peut par exemple être la feuille de mise sous vide, tandis que la couche de matériau M2, qui est fournie et préparée par le rouleau de

35

matériau 112, est un non-tissé d'aspiration. La couche de matériau M3 peut par exemple être une feuille de séparation, tandis que la couche de matériau M4 fournit par exemple un tissu d'arrachement.

- 5 Les couches de matériau M1 à M4 non confectionnées, sont à présent amenées à un dispositif de montage 120, dans lequel les couches de matériau sont montées ensemble respectivement par paquet, à l'aide de paires de rouleaux 121 et 122. Ainsi, dans l'exemple de réalisation de la figure 2, les couches de matériau M1 et M2 sont montées ensemble par
- 10 l'intermédiaire d'une première paire de rouleaux 121, de sorte qu'il en résulte un paquet de couches de matériau M12, tandis que les couches de matériau M3 et M4 sont montées ensemble en un paquet de couches de matériau M23 au moyen d'une deuxième paire de rouleaux 122.
- 15 Le paquet de couches de matériau M12 est ainsi constitué d'une feuille de mise sous vide et d'un non-tissé d'aspiration sous forme montée ensemble, tandis que le paquet de couches de matériau M23 comporte la feuille de séparation ainsi qu'un tissu d'arrachement.
- 20 Le dispositif de montage peut en outre comporter un dispositif d'encollage 130 qui applique une colle sur au moins une face d'une couche de matériau, dans ce cas la couche de matériau M1, de sorte que la couche de matériau M1 peut être fixée localement à la couche de matériau M2.
- 25 Au moyen d'une troisième paire de rouleaux 123, les paquets de couches de matériau M12 et M23 sont alors montées ensemble, de sorte qu'il en résulte un regroupement total des couches de matériau sous la forme d'un assemblage de mise sous vide non confectionné. Ensuite, ce paquet de couches de matériau totalement regroupé est amené à un dispositif de
- 30 coupe 140 configuré pour confectionner sur un rouleau de renvoi 141 le paquet de couches de matériau constitué des quatre couches de matériau M1 à M4.
- 35 Il est également envisageable d'agencer le dispositif de coupe 140 sur chaque paire de rouleaux 121 ou 122, ou bien avant lesdites paires de rouleaux, de manière à confectionner de manière appropriée chaque couche de matériau M1 à M4 avant le montage. Il est également envisageable d'agencer le dispositif de coupe 140 après la première et la

deuxième paire de rouleaux 121, 122, mais avant la troisième paire de rouleaux 123, de façon à confectionner individuellement les paquets de couches de matériau individuels M1/2 et M2/3. Cela est important lorsque les matières auxiliaires ou les couches de matériau individuelles M1 à M4 doivent présenter des tailles différentes.

A la suite du dispositif de coupe 140 de l'installation 100, se trouve le dispositif de drapage 150, permettant de réaliser des plis de matériau dans l'assemblage de mise sous vide à présent pré-confectionné, les plis de matériau étant soudés au niveau des bords. Le mode de fonctionnement du dispositif de soudage 155 sera explicité plus en détail au regard de la figure 3. Le dispositif de drapage 150 peut, dans un mode de réalisation, par exemple être configuré de façon que soient prévues des rainures dans lesquelles est tiré ou pressé le paquet de couches de matériau, pour ainsi déformer le paquet de couches de matériau hors de son plan d'étendue. Cela peut par exemple s'effectuer à la manière d'un procédé d'emboutissage assisté par le vide. Mais il est également envisageable de prévoir des éléments déviateurs qui déforment les couches de matériau de manière qu'il se forme un pli de matériau où les deux tronçons de couches de matériau sont appliqués l'un contre l'autre.

Après la réalisation d'éventuels plis de matériau par le dispositif de drapage 150, l'assemblage de mise sous vide ainsi fabriqué de manière automatisée est finalement enroulé sur un rouleau 160 en étant ainsi transportable.

En outre, il est envisageable qu'une autre couche de matériau soit une bande d'étanchéité au vide, que l'on applique sur les bords de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, de préférence sur la feuille de mise sous vide. Cela rend possible une application automatique de la bande d'étanchéité au vide. Cela s'effectue avantageusement entre le dispositif de drapage 150 et le dispositif d'enroulement 160. Ceci est représenté schématiquement par un système de fourniture de couche de matériau 115, qui introduit une bande d'étanchéité au vide en guise de couche de matériau M5.

L'intégration d'une détection de fuite, en ligne, pour les plis ayant été réalisés, est également possible. La vérification de l'exactitude géométrique peut s'effectuer par un système de relevé de géométrie en ligne, par exemple à l'aide de différents systèmes à caméra non représentés. La colle

appliquée par le dispositif d'encollage 130 peut par exemple être appliquée par une ou plusieurs buses, le durcissement de la colle pouvant être assisté par une unité à infrarouge.

- 5 En outre, au début de l'étape du drapage, il est possible de réaliser un relevé ou une détection en ligne de la position, par exemple grâce à des capteurs par coupe optique laser ou des systèmes à caméra CCD, pour assurer ainsi un réglage automatisé du dispositif de drapage 150.
- 10 La figure 3 montre schématiquement le dispositif de soudage 155 permettant de souder le pli de matériau dans sa zone de bordure. A cet effet, le dispositif de soudage 155 comprend deux branches 151 et 152 montées mobiles l'une par rapport à l'autre et agencées de manière diamétralement opposée. Dans l'espace intermédiaire entre les deux
- 15 branches 151 et 152 est alors inséré le pli de matériau avec les deux tronçons de couche de matériau A et B, comme le montre le côté gauche de la figure 3.
- 20 Ensuite, les deux branches 151 et 152 sont rapprochées l'une de l'autre, en pressant ainsi les deux tronçons de couche de matériau A et B l'un contre l'autre. Cela est montré du côté droit de la figure 3. Les deux tronçons de couche de matériau A et B forment ainsi un pli de matériau regroupé.
- 25 Le dispositif de soudage 155 comporte une unité à énergie thermique 153, qui est activée lorsque les deux tronçons de couche de matériau A et B sont pressés l'un contre l'autre, de manière à introduire de l'énergie thermique dans la zone de bordure du pli de matériau. Cela conduit au soudage de la zone de bordure du pli de matériau, de sorte que l'ensemble du pli de matériau est fermé de manière étanche au vide (excepté la zone où
- 30 l'élément saillant doit être introduit dans le pli de matériau).

Nomenclature

	100	installation
	110	dispositif de fourniture et de préparation de matériaux
	111 à 115	rouleaux de couches de matériau
5	M1 à M5	couches de matériau
	120	dispositif de montage
	121	première paire de rouleaux
	122	deuxième paire de rouleaux
	123	troisième paire de rouleaux
10	130	dispositif d'encollage
	140	dispositif de coupe
	141	rouleau de renvoi
	150	dispositif de drapage
	151, 152	branches
15	153	unité thermique
	155	dispositif de soudage
	160	dispositif d'enroulement

Revendications :

1. Procédé pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise
5 sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres
fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un
matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide,
plusieurs couches de matériau (M1-M5) non confectionnées, étant fournies
et préparées pour l'assemblage de mise sous vide par un dispositif de
10 fourniture et de préparation de matériaux (110), **caractérisé** en ce que les
couches de matériau (M1-M5) sont montées ensemble couche par couche,
de manière automatisée, par un dispositif de montage (120) pour former un
assemblage pré-confectionné de mise sous vide, les couches de matériau
(M1-M5) étant confectionnées par un dispositif de coupe (140) avant,
15 pendant ou après le montage, en fonction de données géométriques
prescrites.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'on fournit et
prépare en tant que couches de matériau (M1-M5) une feuille de mise sous
20 vide, un non-tissé d'aspiration, une aide à l'écoulement, une feuille de
séparation, un tissu d'arrachement et/ou une bande d'étanchéité au vide.

3. Procédé selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce
qu'après sa fabrication l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné
25 est enroulé sur un rouleau.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce
qu'au moins deux couches de matériau (M1-M5) montées ensemble sont
fixées localement au moyen d'une colle.
30

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce
qu'après le montage des couches de matériau (M1-M5), on y réalise un ou
plusieurs plis de matériau grâce à un dispositif de drapage (150), en
appliquant l'un contre l'autre deux tronçons de couches de matériau, qui
35 forment le futur pli de matériau.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce que les tronçons de couches de matériau regroupés sont soudés l'un à l'autre au niveau des bords par un dispositif de soudage (155).
- 5 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la géométrie de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué, est relevée au moyen d'un dispositif de relevé de géométrie, et est comparée, au moyen d'une unité de calcul, avec une géométrie de consigne pour vérifier l'exactitude de la géométrie.
- 10 8. Procédé pour fabriquer une pièce composite renforcée de fibres, que l'on fabrique par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres en utilisant un assemblage de mise sous vide, comprenant les étapes suivantes :
- 15 a) fourniture et préparation d'un assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué conformément au procédé selon l'une des revendications précédentes,
- b) enfermement étanche au vide d'un matériau à base de fibres ayant été introduit dans un outillage de mise en forme, au moyen
- 20 de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, et
- c) fabrication de la pièce composite renforcée de fibres par durcissement du matériau de matrice infusé dans le matériau à base de fibres.
- 25 9. Installation (100) pour fabriquer de manière automatisée un assemblage de mise sous vide destiné à la fabrication d'une pièce composite renforcée de fibres, fabriquée par durcissement d'un matériau de matrice infusé dans un matériau à base de fibres, en utilisant un assemblage de mise sous vide, l'installation comprenant un dispositif de fourniture et de préparation de
- 30 matériaux (110) pour la préparation et la fourniture de plusieurs couches de matériau (M1-M5) non confectionnées pour l'assemblage de mise sous vide, un dispositif de montage (120) conçu pour monter ensemble couche par couche, des couches de matériau (M1-M5), amenées au dispositif de montage (120) par le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux
- 35 (110), en vue de former un assemblage de mise sous vide pré-confectionné, et un dispositif de coupe (140) configuré pour confectionner les couches de matériau (M1-M5) en fonction de données géométriques prescrites, avant, pendant ou après le montage des couches de matériau

(M1-M5).

- 5 10. Installation selon la revendication 9, caractérisée en ce que le dispositif de fourniture et de préparation de matériaux (110) est configuré pour préparer et fournir les couches de matériau (M1-M5) sous forme de bande sur des rouleaux.
- 10 11. Installation selon la revendication 9 ou 10, caractérisée en ce qu'il est prévu un dispositif d'enroulement (160) configuré pour enrouler l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné ayant été fabriqué.
- 15 12. Installation selon l'une des revendications 9 à 11, caractérisée en ce que le dispositif de montage (120) possède une unité d'encollage (130), configurée pour appliquer une colle sur au moins une couche de matériau (M1-M5) pour fixer localement deux couches de matériau (M1-M5) montées ensemble.
- 20 13. Installation selon l'une des revendications 9 à 12, caractérisée en ce que le dispositif de montage (120) comprend un ou plusieurs rouleaux de renvoi (141) pour le montage des couches de matériau (M1-M5) les unes avec les autres, le dispositif de coupe (140) étant configuré pour confectionner les couches de matériau (M1-M5) sur l'un au moins des rouleaux de renvoi (141).
- 25 14. Installation selon l'une des revendications 9 à 13, caractérisée en ce qu'il est prévu un dispositif de drapage (150), configuré pour réaliser un pli de matériau dans les couches de matériau (M1-M5) montées ensemble, deux tronçons de couches de matériau, qui formeront le futur pli de matériau, étant appliqués l'un contre l'autre par le dispositif de drapage
- 30 (150).
15. Installation selon la revendication 14, caractérisée en ce que le dispositif de drapage (150) comporte un dispositif de soudage (155), configuré pour souder ensemble, au niveau des bords, les tronçons de couches de

matériau repliés l'un contre l'autre, le dispositif de soudage (155) comprenant deux branches (151, 152) diamétralement opposées et montées mobiles l'une par rapport à l'autre, entre lesquelles peuvent être insérés de manière diamétralement opposée les deux tronçons de couches
5 de matériau, de façon telle que par rapprochement des branches (151, 152), les tronçons de couches de matériau soient compressés et soudés l'un à l'autre au niveau des bords.

16. Installation selon l'une des revendications 9 à 15, caractérisée en ce
10 qu'il est prévu un dispositif de relevé de géométrie, qui est configuré pour relever la géométrie de l'assemblage de mise sous vide pré-confectionné, fabriqué, et qui est relié à une unité de calcul conçue pour vérifier l'exactitude de la géométrie par comparaison de la géométrie relevée avec une géométrie de consigne.

15

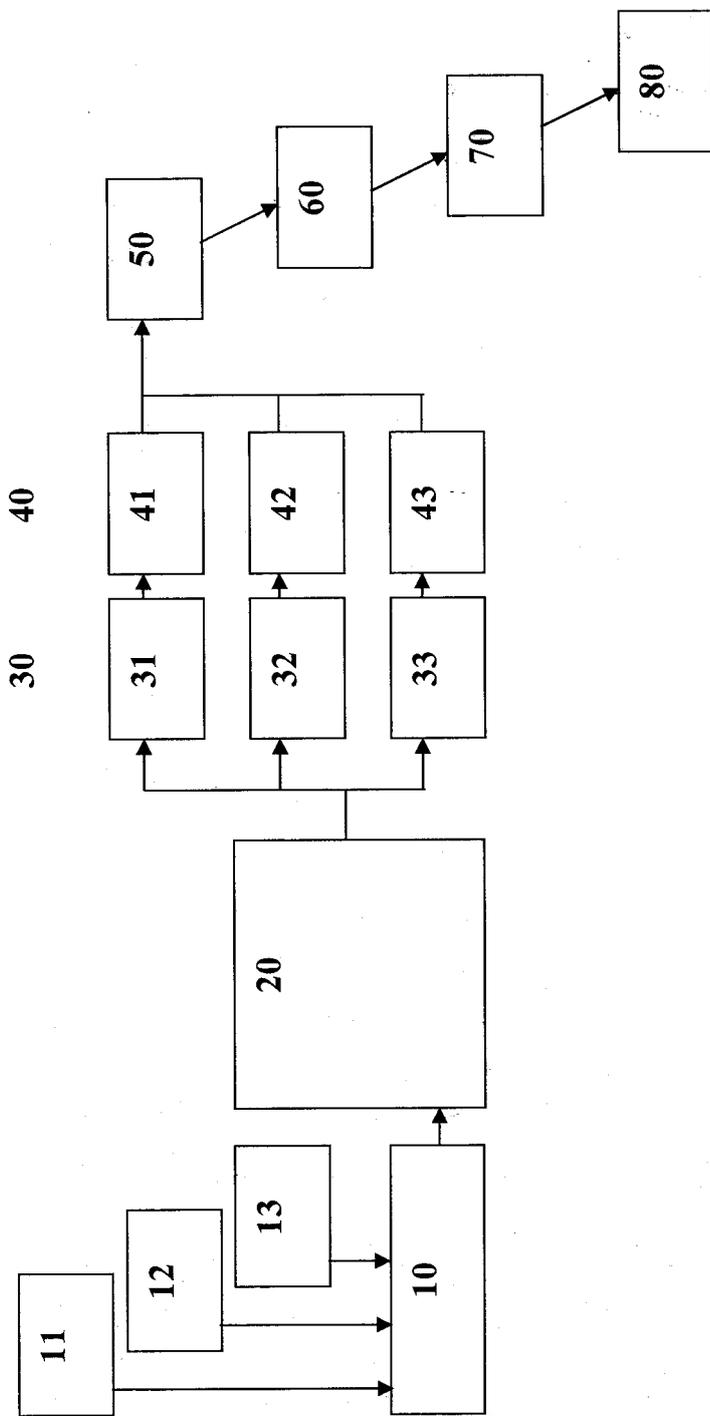


Figure 1

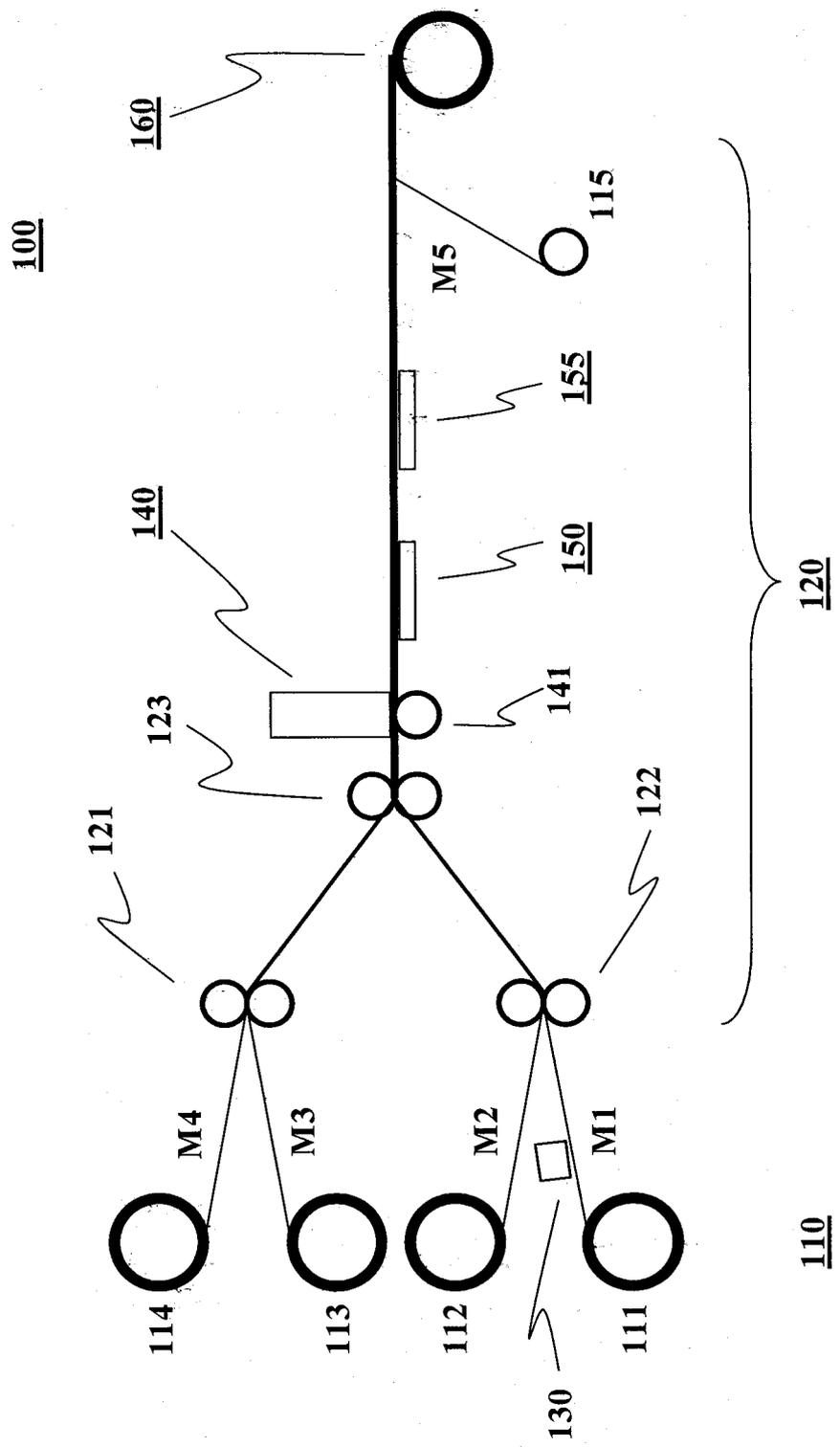
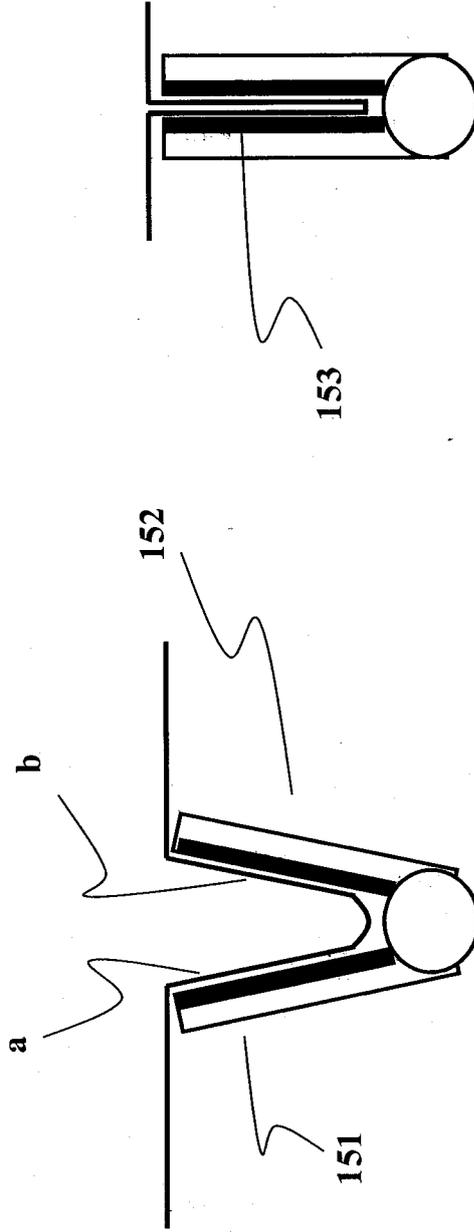


Figure 2

155



155

Figure 3