

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 879 497

②1 N° d'enregistrement national : 05 12578

⑤1 Int Cl⁸ : B 29 C 70/44 (2006.01)

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 13.12.05.

③0 Priorité : 22.12.04 US 11021893.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 23.06.06 Bulletin 06/25.

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 :

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY — US.

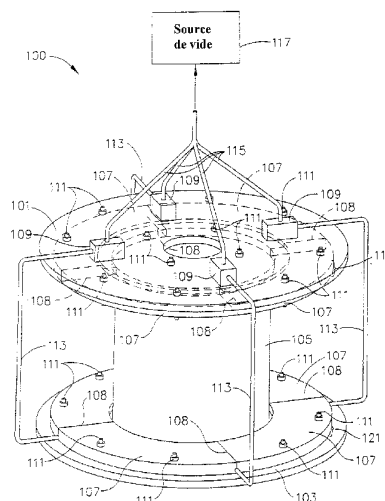
⑦2 Inventeur(s) : BLANTON LEE ALAN, MEIBERS GREGORY JOSEPH, FAIRBANKS ROBERT PAUL, WHITEKER STEPHEN MARK, PRICE RICHARD TOMAS et BUCZEK MATTHEW BERNARD.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

⑤4 DISPOSITIF POUR FABRIQUER DES MATERIAUX COMPOSITES RENFORCES.

⑤7 Outil de moulage (100) pour former une pièce en matériau composite à matrice renforcée, comprenant un corps (105). Le corps (105) comporte une surface de corps apte à recevoir une partie d'une ébauche (301) en matériau composite. Une première plaque d'extrémité (101) et une deuxième plaque d'extrémité (103) sont fixées au corps (105) et comportent une surface sensiblement plane disposée perpendiculairement à la surface du corps. Un premier (119) et un deuxième (121) ensembles de plaques (107) sont fixés à la première (101) et à la deuxième (103) plaques d'extrémités au voisinage immédiat de la surface du corps et ont des configurations qui comprennent une première et une deuxième cavités (203) délimitées par le premier (119) et le deuxième (121) ensembles de plaques (107) et la première (101) et la deuxième (103) plaques d'extrémités. Les première et deuxième cavités (203) sont aptes à recevoir une partie de l'ébauche (301) en matériau composite. La deuxième cavité (203) est en communication de fluide avec la première cavité (203), laquelle est en communication de fluide avec une source de vide (117).



FR 2 879 497 - A1



DISPOSITIF POUR FABRIQUER DES MATERIAUX COMPOSITES RENFORCES

5

La présente invention est relative à un dispositif pour fabriquer des matériaux composites. En particulier, la présente invention comprend un dispositif pour fabriquer des matériaux composites à matrice renforcée.

10

La conception des réacteurs d'avion imposent continuellement que les pièces des réacteurs d'avion soient en matériaux de plus en plus légers afin d'améliorer les caractéristiques de rendement énergétique et de poussée des aéronefs. Autrefois, les pièces d'avion ont été réalisées en acier. Cependant, l'acier est relativement lourd et a été remplacé par des matériaux plus légers et très résistants comme l'aluminium ou le titane. Un autre progrès dans la fabrication de pièces légères a été permis par l'arrivée des matériaux non métalliques tels que les composites contenant des fibres de graphite noyées dans une résine polyimide. Les matériaux composites sont des matériaux qui comprennent des fibres noyées à l'intérieur d'un matériau formant une matrice. Les fibres assurent le renforcement de la matrice. La structure des fibres, avant qu'elles ne soient noyées dans la matrice, est généralement appelée ébauche. Les fibres de graphite noyées dans une résine polyimide présentent des inconvénients, dont la difficulté de moulage du matériau pour créer des pièces, une grande porosité, une microfissuration, des décollements et un coût élevé des équipements et des procédés.

25

Une canalisation de soufflante en matériau composite destinée à une turbine à gaz doit avoir des flasques d'une grande résistance mécanique et un matériau composite sensiblement dépourvu de rides et d'ondulations.

30

Des conduites de soufflantes en matériau composite à base de graphite et de résine époxy ont été fabriquées à l'aide d'un outil d'entrecroisement, décrit dans le brevet des EUA n° 5 145 621 délivré de Pratt (le brevet '621). Dans le brevet '621, une ébauche de fibres de graphite tissées est montée sur un grand tambour pour former la conduite de soufflante en matériau composite à base de graphite et d'époxy. Les fibres sont situées de façon à créer un flasque à l'une et l'autre des extrémités du tambour. La forme du tambour définit sensiblement la forme définitive du composite

35

terminé. L'outil d'entrecroisement tire les fibres de graphite sur un tambour pour créer une tension. L'outil tire les fibres à l'aide d'un outil en croisillon complexe qui entoure la partie formant flasque en fibres et exerce une pression lorsqu'il est associé à trois enveloppes de vide indépendantes. Les inconvénients de l'outil
5 d'entrecroisement et du procédé décrits dans le brevet '621 comprennent un processus compliqué et un outil coûteux, difficile à utiliser.

Des carters de soufflantes en matériau composite à base de graphite et d'époxy ont également été fabriqués à l'aide d'un système de moule utilisant une matière élastomère pour faciliter l'application d'une force sur des épaisseurs de
10 matière de renforcement pendant la fabrication, comme décrit dans le brevet des EUA n° 5 597 435 attribué de Desautels et al. (le brevet '435). Pour fabriquer une matrice composite, des épaisseurs du type préimprégnés renforcés par des fibres (tout simplement, des épaisseurs) sont montées sur un moule. Les épaisseurs de préimprégnés sont des épaisseurs imprégnées d'une matière de matrice non durcie
15 avant d'être montés sur le moule. Un élément de forçage et un élément de retenue sont placés sur les épaisseurs pour maintenir en place les épaisseurs. L'élément de forçage est placé entre l'élément de retenue et les épaisseurs sur le moule. Le moule, les épaisseurs, l'élément de retenue et l'élément de forçage sont installés dans un four et chauffés. Lorsque l'ensemble est chauffé, l'élément de forçage se dilate d'une
20 manière uniforme et une pression uniforme s'exerce sur les épaisseurs. Il en résulte que les épaisseurs sont tassées à mesure que la température s'élève. Le procédé du brevet '435 a l'inconvénient d'avoir pour seul effet une réduction du volume du matériau sans tendre le tissu pour créer une orientation des fibres qui donne au matériau composite fini une grande résistance mécanique et une grande uniformité.

25 Les procédés actuels pour imprégner des ébauches en fibres de renforcement à l'aide d'une matière de matrice consistent à placer une couche ou plusieurs couches de films de matière de matrice sur ou dans des couches des ébauches en fibres de renforcement afin de couvrir la totalité ou la majeure partie de l'ébauche. La totalité de l'ébauche est revêtue afin que, pendant une phase
30 d'imprégnation par de la résine chauffée, la matière de la matrice fonde et traverse l'ébauche sur toute son épaisseur pour l'imprégner. L'imprégnation se fait en utilisant une seule couche ou de multiples couches de film de résine. Le film de résine est appliqué sur toute la surface de l'ébauche en fibres de renforcement. Selon une autre possibilité, la matière de matrice peut être intercalée entre les couches de l'ébauche
35 pour couvrir toutes les couches de l'ébauche en fibres de renforcement. Le

revêtement complet de l'ébauche par les couches de résine piège de l'air, une substance volatile émanant de la matière de matrice ou d'autres gaz susceptibles de former des vides (c'est-à-dire un espace vide), ce qui risque de provoquer une porosité indésirable dans le corps de la partie durcie. La porosité est particulièrement indésirable dans les pièces les plus complexes, au niveau de reliefs ou à proximité de reliefs des pièces. On entend par reliefs des parties en matériau composite qui s'étendent depuis des portions planes de la pièce. On peut citer comme exemples de reliefs des sections ou des éléments rapportés de raidissage dans des pièces de turbines à gaz. La porosité qui résulte d'un espace vide dans le matériau composite durci à matrice renforcée risque d'amoinrir les propriétés mécaniques des pièces et de créer des caractéristiques de surface non admissibles, par exemple des piqûres. Le fait de couvrir entièrement l'ébauche de fibres de renforcement a en outre l'inconvénient que le procédé est difficile à mettre en œuvre et que son emploi prend beaucoup de temps, car la résine doit être appliquée sur toute la surface de l'ébauche.

La présente invention résout les problèmes posés par la technique antérieure en proposant un procédé et un outil qui créent le matériau composite à matrice renforcée par des fibres sans les inconvénients de la technique antérieure.

La présente invention consiste en un outil de moulage servant à former une pièce en matériau composite à matrice renforcée pour une turbine à gaz, comprenant un corps. Le corps comporte une première extrémité, une deuxième extrémité et une surface de corps apte à recevoir une première partie d'une ébauche en matériau composite. Une première plaque d'extrémité est fixée de manière libérable à la première extrémité du corps et possède une surface sensiblement plane disposée perpendiculairement à la surface du corps. Une deuxième plaque d'extrémité est fixée à la deuxième extrémité du corps et possède une surface sensiblement plane perpendiculaire à la surface du corps. Un premier ensemble de plaques est fixé à une première surface de la première plaque d'extrémité. Le premier ensemble de plaques comprend au moins une première plaque disposée au voisinage immédiat de la surface du corps. Un deuxième ensemble de plaques est fixé à une première surface de la deuxième plaque d'extrémité. Le deuxième ensemble de plaques comprend au moins une deuxième plaque adjacente à la surface du corps. La première plaque et la deuxième plaque sont fixées de manière libérable et comportent une première surface de plaque sensiblement plane et une deuxième surface de plaque sensiblement plane. La première plaque et la première plaque d'extrémité ont une configuration qui

comporte une première cavité délimitée par la première plaque et la première plaque d'extrémité. La deuxième plaque et la deuxième plaque d'extrémité ont une configuration qui comprend une deuxième cavité délimitée par la première plaque et la première plaque d'extrémité. La première et la deuxième cavités ont un volume
5 suffisant pour recevoir une deuxième partie d'une ébauche en matériau composite. La deuxième cavité est reliée par écoulement de fluide à la première cavité. La première cavité est en communication de fluide avec une source de vide.

Le corps peut avoir une surface qui s'étend sur un premier axe, la première cavité s'étend sur un deuxième axe, la deuxième cavité peut s'étendre sur un
10 troisième axe et le premier axe peut être sensiblement perpendiculaire au deuxième et au troisième axes.

La configuration de la surface du corps peut être sensiblement cylindrique.

La surface sensiblement cylindrique du corps peut avoir, au voisinage immédiat de la première plaque d'extrémité, un diamètre de section transversale plus grand que le diamètre de section transversale au voisinage immédiat de la deuxième
15 plaque d'extrémité.

La configuration de la surface du corps sensiblement cylindrique peut comporter, au voisinage immédiat de la première et de la deuxième plaques d'extrémités, des diamètres de sections transversales plus grands que le diamètre de section transversale à mi-distance entre la première et la deuxième plaques
20 d'extrémités.

La première et la deuxième plaques d'extrémités peuvent être fixées à la partie cylindrique de la surface du corps pour créer une forme de tambour et le premier et le deuxième ensembles de plaques sont disposés circonférentiellement
25 autour de la surface du corps au voisinage immédiat de la première et de la deuxième plaques d'extrémités.

La première cavité et la deuxième cavité peuvent avoir une forme sensiblement annulaire.

L'outil de moulage peut comprendre en outre, entre la première et la deuxième cavité, au moins une liaison par fluide constituée par au moins un tuyau relié par un écoulement de fluide à la première cavité par un conduit au joint entre les premières plaques du premier ensemble de plaques et à la deuxième cavité par un conduit au joint entre les deuxièmes plaques du deuxième ensemble de plaques.
30

L'outil de moulage peut comporter en outre un réservoir en matériau de matrice placé sur une deuxième surface de la première plaque d'extrémité, le
35

réservoir en matériau de matrice étant en communication de fluide avec la première cavité.

L'outil de moulage peut comporter en outre un tuyau en communication de fluide avec le réservoir en matériau de matrice et avec la deuxième cavité, la communication de fluide entre la première et la deuxième cavités se faisant par l'intermédiaire du réservoir en matériau de matrice.

Le procédé et l'outil selon la présente invention forment un matériau composite de matrice renforcé et léger utilisable dans des conduits de confinement en matériaux composite, par exemple des carters de soufflantes, les matériaux composites ayant une grande résistance mécanique et une grande uniformité.

Le procédé selon la présente invention convient en particulier pour fabriquer des pièces d'aubes profilées de turbine pour turbines à gaz. En particulier, le procédé selon la présente invention convient pour fabriquer des conduits de confinement en matériaux composites, tels que des carters de soufflantes. Un avantage de la présente invention est qu'elle permet la fabrication de conduites de confinement en matériaux composites permettant de retenir enfermées des aubes de soufflantes qui, lorsqu'elles se cassent, se détachent de la turbine à gaz pendant le fonctionnement.

Le procédé et l'outil selon la présente invention conviennent en particulier pour fabriquer de grosses pièces en matériaux composites, dont des pièces cylindriques d'un diamètre supérieur à environ 1 524 mm (5 pieds) notamment des pièces d'un diamètre d'environ 3 048 mm (10 pieds). Un avantage de la présente invention est que l'outil et le procédé permettent de fabriquer de grandes pièces telles que des carters de soufflantes de grandes dimensions, en matériaux composites, tout en préservant les propriétés de confinement, la légèreté, la grande résistance mécanique et la très grande uniformité dans toute la pièce.

Le procédé et l'outil selon la présente invention constituent un procédé pour fabriquer des matériaux composites à matrice renforcée par des fibres ayant la forme du produit final, ne nécessitant pratiquement aucun ajustement avant installation. Un avantage de la présente invention est que l'outil et le procédé créent des pièces ne nécessitant pratiquement pas d'étapes supplémentaires avant installation et utilisation. La limitation ou la suppression d'étapes supplémentaires réduit le coût et le temps de fabrication.

Le procédé et l'outil selon la présente invention créent un procédé pour fabriquer des matériaux composites à matrice renforcée par des fibres d'une grande uniformité de composition et ayant moins de défauts tels qu'une porosité et des rides.

La composition uniforme et le nombre réduit de défauts permettent la mise au rebut et/ou la remise en état d'un plus petit nombre de pièces. La diminution du nombre de pièces mises au rebut et/ou réparées permet la fabrication à un moindre coût de pièces en matériaux composites, dont des pièces en matériaux composites de grandes dimensions.

5 Le procédé et l'outil de la présente invention créent un procédé de fabrication de matériaux composites en matrice à renforcement par fibres à l'aide d'équipement simple, peu coûteux. En outre, pour séparer la pièce de l'outil, il ne faut pratiquement pas de démontage supplémentaire de l'outil. Un avantage de la présente invention consiste en ce que les coûts d'équipements et de main d'œuvre nécessaires à la fabrication de conduites de confinement en matériaux composites renforcés par des fibres sont réduits, puisque les équipements sont moins chers et ne nécessitent pas de montage ou de démontage complexe pendant la fabrication de la pièce.

10 Le procédé et l'outil selon la présente invention permettent un procédé pour fabriquer des matériaux composites à matrice renforcée par des fibres dans lequel le processus nécessite seulement une unique enveloppe sous vide. Un avantage offert par l'outil et le procédé selon la présente invention est qu'une seule enveloppe sous vide peut assurer le confinement nécessaire et les forces requises pour fabriquer des conduites de confinement en matériaux composites à renforcement par fibres sans recourir à de multiples enveloppes sous vide. L'utilisation de l'enveloppe unique assure une application plus sensiblement uniforme de vide et nécessite moins de montages et de démontages que de multiples enveloppes.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig. 1 est une vue en perspective d'un outil selon la présente invention ;
- la Fig. 2 est une vue latérale d'un outil selon la présente invention ;
- les figures 3 et 4 sont des vues en coupe de deux formes de réalisation possibles d'une première partie d'un outil selon la présente invention ;
- la Fig. 5 est une vue en coupe d'une deuxième partie d'un outil selon la présente invention ;
- les figures 6 à 9 illustrent des étapes du procédé de formage de matériau composite à l'aide d'un outil selon la présente invention ;

la Fig. 10 est une vue schématique d'un système de répartition de matériaux de matrice selon la présente invention ; et

la Fig. 11 est une vue en perspective d'un conduit de confinement en matériaux composites selon la présente invention.

5

La Fig. 1 représente un outil de formage 100 de conduite en matériau composite selon la présente invention. L'outil 100 comprend un corps sensiblement cylindrique 105. Une première plaque d'extrémité 101 et une deuxième plaque d'extrémité 103 sont disposées au voisinage immédiat des extrémités planes opposées du corps 105. Le corps 105 et la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 sont fabriqués en matière à coefficient de dilatation thermique plus grand que celui de la pièce contenue par l'outil 100. Le matériau pour le corps 105 et la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 est constitué, mais de manière nullement limitative, par des métaux ou des alliages. L'aluminium et l'acier constituent des matériaux appropriés pour le corps 105. La première plaque d'extrémité 101 est fixée au corps 105 à l'aide de fixations 111 à relâchement de contraintes. La deuxième plaque d'extrémité 103 adjacente au corps 105 est fixée au corps 105. Le corps 105 a une configuration sensiblement cylindrique. Le corps sensiblement cylindrique 105 présente de préférence une conicité depuis un diamètre le plus petit au voisinage immédiat de la première plaque d'extrémité 101 et un diamètre le plus grand au niveau de la deuxième plaque d'extrémité 103. Bien que la Fig. 1 représente un corps cylindrique 105, la forme du corps n'est pas forcément cylindrique. Une autre configuration possible du corps peut être, d'une manière nullement limitative, rectangulaire, ovale ou triangulaire. Dans une autre forme de réalisation possible, le corps 105 a une configuration sensiblement cylindrique avec un diamètre le plus petit à mi-distance entre la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 et un diamètre le plus grand à chacune des extrémités du corps 105. Le corps 105 peut être réalisé en multiples morceaux détachables afin de faciliter le retrait des pièces finies en matériaux composite à matrice renforcée.

La Fig. 1 représente un premier ensemble 119 de semelles de flasque disposé au voisinage immédiat de la première plaque d'extrémité 101 sur le pourtour du corps 105 sur la surface de la première plaque d'extrémité 101 la plus proche de la deuxième plaque d'extrémité 103. Un deuxième ensemble de semelles 107 de flasque est disposé au voisinage immédiat de la deuxième plaque d'extrémité 103 sur le pourtour du corps 105 sur la surface de la deuxième plaque d'extrémité 103 la plus

35

proche de la première plaque d'extrémité 101. Les semelles 107 de flasques de chacun des premier et deuxième ensembles de semelles 119 et 121 de flasques sont au contact d'une de l'autre au niveau d'un joint 108 de semelles de flasque. Les semelles 107 de flasque sont des plaques en matériau à coefficient de dilatation thermique plus grand que celui de la pièce retenue par l'outil. On peut citer comme matériaux pour les semelles 107 de flasque, de manière nullement limitative, des métaux ou des alliages. L'aluminium et l'acier constituent des matériaux appropriés pour les semelles 107 de flasque. Les semelles 107 de flasque sont fixées aux première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 par des fixations 111 à relâchement de contraintes. En plus de fixer la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103, les fixations 111 à relâchement de contraintes fixent également la première plaque d'extrémité 101 au corps 105. Comme représenté sur la Fig. 1, les fixations 111 à relâchement de contraintes qui fixent les semelles 107 de flasque s'étendent à travers les première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 et à travers les semelles 107 de flasques. Les fixations 111 à relâchement de contraintes qui fixent la première plaque d'extrémité 101 au corps 105 s'étendent à travers la première plaque d'extrémité 101 et jusque dans le corps 105. Les fixations 111 à relâchement de contraintes selon la présente invention sont constituées par toute fixation permettant de mettre en place la première plaque d'extrémité 101 et les semelles 107 de flasques des premier et deuxième ensembles 119 et 121 de semelles de flasques pendant le chargement de la pièce, mais se déforment à la pression résultant d'une dilatation thermique ou d'autres forces. Le relâchement des contraintes survient lorsque les fixations retenant les semelles 117 de flasques se déforment sous l'effet de contraintes radiales appropriées et que les fixations retenant la plaque de flasque d'extrémité se déforment pour relâcher les contraintes axiales. Le nylon constitue une matière appropriée non limitative pour les fixations 111 à relâchement de contraintes. Un ou plusieurs réservoirs 109 sont situés à la surface de la première plaque d'extrémité 101. Les réservoirs 109 communiquent par un fluide avec une source de vide via des conduites 115 de vide. Les réservoirs 109 sont représentés sous la forme d'éléments séparés, mais ils peuvent être fabriqués d'une seule pièce avec la première plaque d'extrémité 101.

La Fig. 2 illustre une forme de réalisation de l'outil 100 orienté avec la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 orientées horizontalement sur le dessin. L'orientation représentée sur la Fig. 2 illustre la forme de réalisation de l'invention dans laquelle l'outil 100 est chargé dans un autoclave, la première plaque

d'extrémité 101 étant orientée de manière sensiblement horizontale au-dessus de la deuxième plaque d'extrémité 103 et l'axe central du corps 105 étant orienté sensiblement dans la direction verticale. Bien que la présente forme de réalisation concerne un autoclave, n'importe quelle chambre ayant la possibilité de chauffer et d'exercer une pression sur l'outil convient pour servir avec la présente invention. La Fig. 2 représente les semelles 107 de flasque disposées circonférentiellement autour du corps 105. Un premier ensemble 119 de semelles de flasque sont fixées à la première plaque d'extrémité 101 sur la surface la plus proche de la deuxième plaque d'extrémité 103. Un deuxième ensemble 121 de semelles de flasque sont fixées à la deuxième plaque d'extrémité 103 sur la surface la plus proche de la première plaque d'extrémité 101.

Un canal 201 est usiné dans un joint 108 de semelles de flasque entre les différentes semelles 107 de flasque sur la surface adjacente à la deuxième plaque d'extrémité 103 pour former une liaison par fluide entre la surface intérieure 205 adjacente au corps 105 et le pourtour extérieur des joints 108 de semelles de flasque. Sur le pourtour extérieur du joint 108 de semelles de flasque, un tuyau formant siphon 113 est fixé et placé en liaison par fluide avec le canal 201 au voisinage immédiat de la deuxième plaque d'extrémité 103. Le tuyau formant siphon 113 est en liaison par fluide avec un réservoir 109 adjacent à la première plaque d'extrémité 101. Chaque réservoir 109 est une chambre creuse pouvant contenir, sous vide, un matériau de matrice. Chaque réservoir 109 est en liaison par fluide avec une cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la surface inférieure de la première plaque d'extrémité 101 et la surface intérieure 205 du corps 105. La cavité 203 a un volume suffisant pour permettre l'insertion d'une partie d'une pièce (représentée sous la forme d'un tissu 301 de fibres sur les figures 3 à 5). De préférence, la pièce est une partie d'un tissu de fibres de renforcement. Les réservoirs 109 sont également en liaison par fluide avec une source de vide 117 via des conduites de vide 115. La source de vide 117 crée une dépression dans les réservoirs 109 pour mettre sous vide le matériau présent dans les réservoirs 109.

La Fig. 3 représente une vue en coupe suivant la ligne 3-3 de la Fig. 2. La coupe représentée sur la Fig. 3 constitue une vue agrandie d'une partie de la première plaque d'extrémité 101, la première plaque d'extrémité 101 étant orientée verticalement sur le dessin. La première plaque d'extrémité 101 et le corps 105 sont chargés avec une ébauche 301 en tissu de fibres. L'ébauche 301 en tissu de fibres comprend une partie formant bride 305 qui s'étend depuis le corps 105 le long de la

première plaque d'extrémité 101. Les semelles 107 de flasque sont fixées à la première plaque d'extrémité 101 par une fixation 111 à relâchement de contraintes. De même, la première plaque d'extrémité 101 est fixée au corps 105 par une fixation 111 à relâchement de contraintes.

5 La Fig. 3 représente l'ébauche 301 en tissu de fibres placée le long du corps 105 et inclinée selon un angle d'environ 90° pour former dans la cavité 203 une forme de flasque définie par les semelles 107 de flasque, la première plaque d'extrémité 101 et la surface intérieure 205 du corps 105. La cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la première plaque d'extrémité 101 et le corps 105 est en communication de fluide avec les réservoirs 109 via un canal de répartition 303 de matériau de matrice. Les réservoirs 109 sont en communication de fluide avec au moins une conduite de vide 115 et au moins un tuyau formant siphon 113.

10 La Fig. 4 représente une vue en coupe suivant la ligne 3-3 de la Fig. 2. La vue en coupe représente une partie de l'outil de formage 100 de conduit en matériau composite ayant le même agencement que sur la Fig. 3, à savoir le corps 105, les semelles 107 de flasque, l'ébauche 301 en tissu de fibres et la première plaque d'extrémité 101. Cependant, dans la forme de réalisation illustrée sur la Fig. 4, le tuyau formant siphon 113 est inséré dans un logement 401 pour tuyau formant siphon dans les semelles 107 de flasque. Le tuyau formant siphon 113 est en communication de fluide avec un canal de répartition 403 de matériau de matrice. Le canal de répartition 403 de matériau de matrice s'étend depuis le tuyau formant siphon 113 jusqu'à la cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la première plaque d'extrémité 101 et la surface intérieure 205 du corps 105. La cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la première plaque d'extrémité 101 et la surface intérieure 205 du corps 105 est en communication de fluide avec des réservoirs 109 via un canal 405 de réservoirs. Les réservoirs 109 sont en communication de fluide avec une source de vide 117 via une conduite de vide 115.

20 La Fig. 5 représente une vue en coupe suivant la ligne de coupe 5-5 de la Fig. 2. La section transversale représentée sur la Fig. 5 présente une vue agrandie d'une partie de la deuxième plaque d'extrémité 103 orientée verticalement sur le dessin, chargée avec une pièce constituée par une ébauche 301 en tissu de fibres. La Fig. 5 représente également des semelles 107 de flasque fixées à la deuxième plaque d'extrémité 103 à l'aide d'une fixation 111 à relâchement de contraintes. La deuxième plaque d'extrémité 103 est fixée au corps 105 par une deuxième fixation 505 de plaque d'extrémité. La deuxième fixation 505 de plaque d'extrémité est une fixation

35

qui ne se déforme pas sous l'effet de la pression, comme la pièce de fixation 111 à relâchement de contraintes. La fixation 505 de deuxième plaque d'extrémité peut être n'importe quelle fixation ne se déformant pas sous l'effet des contraintes générées par l'outil 100. Dans une autre forme de réalisation possible, la deuxième plaque d'extrémité 103 et le corps 105 peuvent être fixés de manière permanente ou usinés d'une seule pièce. Dans la présente forme de réalisation, la deuxième plaque d'extrémité 103 est solidaire du corps 105 et peut être usiné ou moulée d'une seule pièce, le corps 105 s'étendant depuis la deuxième plaque d'extrémité 103. Selon une autre possibilité, le corps 105 et la deuxième plaque d'extrémité 103 peuvent être soudés l'un à l'autre.

Dans la forme de réalisation illustrée sur la Fig. 5, le tuyau formant siphon 113 est inséré dans un logement 501 pour tuyau formant siphon dans les semelles 107 de flasque. Le tuyau formant siphon 113 est en communication de fluide avec un canal de refoulement 503 de matériau de matrice. Le canal de répartition 503 de matériau de matrice s'étend depuis le tuyau formant siphon jusqu'à une cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la deuxième plaque d'extrémité 103 et la surface intérieure 205 du corps 105.

Les figures 6 à 9 illustrent l'outil de formage 100 de conduit en matériau composite selon la présente invention chargé avec la pièce 301 et le matériau de matrice 601 à transformer en matériau composite. Les figures 6 à 9 illustrent diverses étapes du processus d'infiltration et de durcissement du matériau de matrice. La Fig. 6 illustre l'outil 100 avant son chargement dans l'autoclave (non représenté). Les figures 7 et 8 représentent l'outil 100 pendant le chauffage. La Fig. 9 représente l'outil 100 sous pression dans l'autoclave. Les figures 6 à 9 représentent une coupe transversale prise radialement depuis l'axe central de la partie cylindrique du corps 105 de l'outil 100 représenté sur les figures 1 et 2. Les figures 6 à 9 représentent l'outil 100 comprenant un corps 105, une première plaque d'extrémité 101, une deuxième plaque d'extrémité 103 et des semelles 107 de flasques, agencés comme représenté sur les figures 1 et 2. A titre d'illustration, les figures 6 à 9 ne représentent pas les fixations 111 et 505 à relâchement de contraintes, les tuyaux formant siphons 113, les réservoirs 109, les conduites de vide 115, les canaux de refoulement 503 de matériau de matrice ni les canaux 303, 403 et 405 de répartition de matériau de matrice et de vide. On notera que chacun des éléments ci-dessus est présent dans l'outil 100 chargé dans l'autoclave, ainsi qu'une membrane ou poche sous vide 605 entourant l'outil 100.

La Fig. 6 représente l'outil 100 avant son chargement dans l'autoclave. Pour commencer, une ébauche 301 en tissu de fibres est chargée sur l'outil 100. Sur la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres est appliquée une couche de matériau de matrice 601. De préférence, le matériau de matrice 601 est une résine massive divisée par pesage en parties individuelles. La résine massive est une résine non polymérisée qui n'a pas été transformée sous une forme définitive (par exemple en feuilles ou en épaisseurs) et susceptible d'être divisée en parties individuelles. A la température ambiante, la résine massive est de préférence un solide pouvant se plier. La résine massive est divisée en parties sensiblement rectangulaires, qui sont placées à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres. On notera que n'importe quelle forme permettant la mise en place de résine à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres convient avec l'invention. Après la mise en place des parties à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres, les parties rectangulaires sont amenées à épouser la forme de la surface. De préférence, les parties rectangulaires peuvent se plier à la température ambiante. Eventuellement, les parties rectangulaires de résine massive peuvent être préchauffées pour accroître l'aptitude de la résine à se plier afin que les parties rectangulaires puissent plus facilement épouser la forme de la surface. Une résine époxy ou une résine polyamide peut constituer, de manière nullement limitative, une résine adéquate. Le matériau de matrice 601 est appliqué à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres de façon qu'une plus grande quantité de matériau de matrice 601 (c'est-à-dire une plus grande quantité de matériau de matrice par unité de surface) soit appliquée au centre 607 de l'ébauche 301 en tissu de fibres (c'est-à-dire le point médian entre la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103) et qu'une plus petite quantité (c'est-à-dire une moindre quantité de matériau de matrice par unité de surface) soit appliquée sur les bords 609 de l'ébauche 301 en tissu de fibres (c'est-à-dire sur la zone adjacente aux première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103). Bien que la présente forme de réalisation concerne une résine massive, n'importe quel matériau de matrice permettant de former un matériau composite de matrice renforcée peut être utilisé avec la présente invention.

Après que l'outil 100 a été chargé avec le matériau de matrice 601, un coussin de pression en élastomère 603 est placé sur l'ébauche 301 en tissu de fibres à revêtement de matériau de matrice 601. Le coussin de pression 603 est en matière s'opposant au passage du matériau de matrice 601. La silicone constitue, de manière nullement limitative, un matériau adéquat pour le coussin de pression 603. Tout matériau n'adhérant pas au matériau de matrice est capable de résister à la chaleur et

à la pression et présentant une certaine souplesse peut être utilisé comme matériau pour le coussin de pression 603. Le coussin de pression 603 est placé de façon que le matériau de matrice 601 ne puisse se déplacer que le long de l'ébauche 301 en tissu de fibres, jusqu'à la zone adjacente aux première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103, là où le matériau de matrice 601 peut pénétrer dans les canaux de refoulement 503 de matériau de matrice ou dans les canaux de répartition de matériau de matrice et de vide 303, 403 et 405, dans les tuyaux formant siphons 113 ou dans les réservoirs 109, comme illustré sur les figures 1 à 5. Une fois que l'outil 100 est chargé, l'outil chargé 100 est placé à l'intérieur d'une poche sous vide 605. L'outil 100 selon la présente invention constitue un procédé pour fabriquer des matériaux composites à matrice renforcée par des fibres, le procédé ne nécessitant qu'une seule poche sous vide 605.

La Fig. 7 illustre l'outil 100 et le mouvement du matériau de matrice 601 lorsqu'ils sont exposés à la chaleur, pendant les étapes de chauffage et de maintien en température d'un cycle de polymérisation. Le matériau de matrice 601, en chauffant, devient liquide ou fluide et commence à s'infiltrer dans l'ébauche 301 en tissu de fibres afin de créer une ébauche 701 en tissu de fibres partiellement imprégnée. A mesure que le matériau de matrice 601 devient liquide ou fluide, le matériau passe du centre 607 de l'ébauche 301 en tissu de fibres (c'est-à-dire le point médian entre la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103) dans le sens des flèches 703. Lorsque le matériau de matrice 601, devenu alors une résine liquide, passe du centre 607 de l'ébauche 301 en tissu de fibres aux bords extérieurs 609, de l'air, des gaz volatils se dégagent du matériau de matrice 601, et d'autres substances telles que des corps étrangers ou des gaz piégés dans l'ébauche 301 en tissu de fibres, qui ont pu éventuellement créer un espace vide, sont poussées par le flux de matériau de matrice 601 vers les bords extérieurs 609 du tissu au voisinage immédiat des première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103. L'excédent de matériau de matrice 601, l'air, les gaz volatils émanant du matériau de matrice 601 et d'autres substances qui ont pu éventuellement créer un espace vide entrent dans le tuyau formant siphon 113 et sont entraînés dans l'un ou l'autre des réservoirs 109 ou dans la cavité 203 définie par les semelles 107 de flasque, la deuxième plaque d'extrémité 101 et la surface intérieure 205 du corps 105 via le canal de distribution 403 de matériau de matrice, comme illustré sur les figures 1 à 5.

La Fig. 8 illustre l'outil 100 et l'ébauche imprégnée 701 en tissu de fibres lorsqu'ils sont exposés à la chaleur, pendant les étapes de montée et de maintien en

température du cycle de polymérisation. La première plaque d'extrémité 101, la deuxième plaque d'extrémité 103, le corps 105 et les semelles 107 de flasques sont en matière à coefficient de dilatation thermique plus grand que celui de l'ébauche partiellement imprégnée 701 en tissu de fibres. De la sorte, pendant la montée en température, illustrée sur la Fig. 8, la première plaque d'extrémité 101, la deuxième plaque d'extrémité 103, le corps 105 et les semelles 107 de flasques se dilatent chacun dans toutes les directions, comme indiqué par les flèches 801. L'ébauche partiellement imprégnée 701 en tissu de fibres se dilate très peu en comparaison du corps 105. La différence d'ampleur de dilatation thermique de l'outil 100 en comparaison de l'ébauche partiellement imprégnée 701 en tissu de fibres crée une force de tension indiquée par des flèches 803, laquelle contribue à tendre l'ébauche partiellement imprégnée 701 en tissu de fibres. Les ébauches 701 en tissu de fibres qui sont tendues avant le durcissement du matériau de matrice créent des matériaux uniformes d'une grande résistance mécanique, sensiblement sans ondulations ni rides.

La Fig. 9 illustre l'outil 100 exposé à la pression, pendant les étapes de montée et de maintien en température du cycle de polymérisation. Les semelles 107 de flasques sont dotées d'une grande superficie 903 dans le plan parallèle aux première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103. A mesure que la pression augmente dans l'autoclave pendant le cycle de polymérisation, la force de la pression de l'atmosphère dans l'autoclave, indiquée par des flèches 901, à la surface de la poche sous vide 605 et des semelles 107 de flasques, est multipliée par la superficie 903 des semelles 107 de flasques. La surface des semelles 107 de flasques a une plus grande superficie 903 que l'ébauche 701 en tissu de fibres constituant la forme analogue aux flasques de manière à accroître la grande force de maintien en position du fait de la pression dans l'autoclave. La pression maintient en place l'ébauche 701 en tissu de fibres pendant que le corps 105 se dilate et tend l'ébauche 301 en tissu de fibres.

La Fig. 10 représente un système de distribution 1000 de matériau de matrice selon la présente invention pour fabriquer un matériau composite (non représenté) à matrice renforcée par des fibres. Une ébauche 1005 en tissu de fibres est chargée de matériau 1001 de matrice, une plus grande quantité de matériau de matrice 1001 étant disposée au centre 1019 de l'ébauche 1005 en tissu de fibres que sur les bords 1021.

Pour former le matériau composite (non représenté) à matrice renforcée par des fibres selon la présente invention, l'ébauche 1005 en tissu de fibres revêtue du matériau de matrice 1001 est montée verticalement et le système 1000 est exposé au vide par l'intermédiaire de la conduite de vide 1007 et à une chaleur suffisante pour rendre visqueux le matériau de matrice 1001. Le mouvement du matériau de matrice 1001 dans l'ébauche 1005 en tissu de fibres est illustré sous la forme de flèches 1015 et 1016 sur la Fig. 10. Initialement, le matériau visqueux de matrice 1001 circule dans deux directions indiquées par des flèches 1015 et 1016. La partie la plus grande du matériau de matrice 1001 (indiquée à l'aide de la flèche 1015) se déplace dans le sens de la pesanteur (flèche 1009) et la partie la plus petite (indiquée par la flèche 1016) est entraînée en direction de la conduite de vide 1007. La conduite de vide 1007 est reliée par écoulement de fluide à la source de vide 1023.

Le matériau de matrice 1001 qui circule dans le sens de la pesanteur (indiqué par la flèche 1009) se rassemble dans un puits de rassemblement 1011. Le puits de rassemblement 1011 communique par écoulement de fluide avec un puits de répartition 1013 via un tuyau formant siphon 1003. Le puits de répartition 1013 est une chambre adjacente à la conduite de vide 1007 et au bord supérieur de l'ébauche 1005 en tissu de fibres. Le matériau de matrice 1001 est entraîné depuis le puits de regroupement 1011 vers le puits de répartition 1013 par aspiration depuis la conduite de vide 1007, comme indiqué par des flèches 1017. Le système s'autorégule et se maintient jusqu'à ce que le matériau de matrice 1001 dans tout le matériau de l'ébauche 1005 en tissu de fibres soit réparti de manière sensiblement uniforme dans toute l'ébauche 1005 en tissu de fibres. Le système s'autorégule dans la mesure où le tuyau formant siphon 1003 continue à entraîner le matériau de matrice 1001 qui passe du puits de regroupement 1011 au puits de répartition 1013 aussi longtemps que la différence de pression dans l'ébauche 1005 en tissu de fibres imprégnée de matériau de matrice 1001 est plus grande que la différence de pression d'une extrémité à l'autre du tuyau formant siphon 1003. Dès que la pression d'une extrémité à l'autre du tuyau formant siphon 1003 est égale à la pression d'un côté à l'autre de l'ébauche 1005 imprégnée en tissu de fibres, le matériau de matrice 1001 n'est plus entraîné pour passer du puits de regroupement 1011 au puits de répartition 1013. L'ébauche obtenue 1005 en tissu de fibres imprégnée de matrice contient le matériau de matrice 1001 réparti de manière sensiblement uniforme. L'ébauche 1005 en tissu de fibres imprégnée est à nouveau chauffée pour mettre fin au cycle de polymérisation et produire un matériau composite à matrice renforcée par des fibres.

La Fig. 11 représente un conduit de confinement 1100 en matériau composite selon la présente invention. Le conduit de confinement 1100 en matériau composite est le produit créé à l'aide de l'outil 100 (cf. figures 1 et 2). Le conduit de confinement 1100 en matériau composite est une pièce unique ayant un corps 1103 de conduit et des brides solidaires 1101 d'une grande résistance mécanique. En outre, des trous 1105 sont usinés dans la bride 1101 pour permettre à des pièces de fixation de fixer le conduit de confinement 1100 en matériau composite à d'autres corps. Les brides 1101 créent une surface sur laquelle le conduit de confinement 1100 en matériau composite peut être fixé à un autre corps. Un autre corps peut comporter un deuxième conduit de confinement 1100 en matériau composite. La fixation de deux conduits de confinement offre l'avantage d'une plus grande longueur et de la possibilité de créer des conduits ayant des zones convergente et divergente de conduits. Dans la présente forme de réalisation, un conduit de confinement 1100 en matériau composite a un corps conique 1103 de conduit, le diamètre du conduit au niveau d'une première bride étant plus grand que le diamètre du conduit au niveau de l'autre bride. Dans certaines applications de conduits de confinement, un conduit de confinement ayant à la fois une partie convergente et une partie divergente est souhaitable. Afin de former un conduit de confinement 1100 qui converge dans une première partie et diverge dans une autre partie, un conduit de confinement conique 1100 est fixé, par les brides, au niveau de l'extrémité du conduit de confinement ayant le plus petit diamètre de conduit, à un deuxième conduit de confinement conique sensiblement identique 1100. La fixation des brides à l'endroit du diamètre le plus petit d'un conduit permet un conduit qui diverge depuis une première extrémité du conduit de confinement combiné vers le centre et diverge depuis le centre du conduit de confinement combiné vers une deuxième extrémité du conduit de confinement combiné. Les brides peuvent également être fixées à une partie de la turbine à gaz (non représentée). Dans une forme de réalisation, les brides peuvent être fixées à la turbine à gaz de façon que les aubes (non représentées) de soufflante de la turbine à gaz soient placées dans la partie intérieure 1107 du corps 1103 de conduit, sensiblement sur le pourtour extérieur du passage des extrémités des aubes de soufflante afin d'assurer un confinement des aubes de soufflante.

Une forme de réalisation de la présente invention comprend la présence d'un outil 100 ayant une surface qui possède la forme du matériau composite voulu. Dans une forme de réalisation de l'invention, le corps 105 a sensiblement la forme d'un conduit de confinement cylindrique. Dans la présente forme de réalisation, le

conduit cylindrique est de préférence conique vers l'intérieur en direction de l'axe central du corps 105. La forme du matériau composite fini à matrice renforcée ne se limite pas à des formes sensiblement cylindriques. N'importe quelle forme ayant des bords extérieurs à brides peut être fabriquée par le procédé selon la présente invention. Outre les conduits sensiblement cylindriques, qui ne sont pas limitatifs, on peut avoir des conduits de forme appropriée ayant une configuration à section transversale complexe (par exemple des conduits rectangulaires, des conduits triangulaires ou des conduits ovales), des panneaux plats et autres formes complexes ayant des structures à parois. En outre, des structures à parois comportant des éléments peuvent être formées à l'aide de l'outil 100 et du procédé selon l'invention. L'outil 100 selon la présente invention a, de même, un corps 105 sensiblement de la même forme que la pièce finie en matériau composite.

L'outil 100 est en matériau à coefficient de dilatation thermique plus grand que le coefficient de dilatation thermique de l'ébauche 301 en tissu de fibres. Un premier critère pour le choix du matériau de l'outil est l'ampleur de la tension souhaitée dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. Plus la tension souhaitée est grande, plus le coefficient de dilatation thermique doit être grand pour le matériau de l'outil. Plus la tension voulue est faible, plus le coefficient de dilatation thermique doit être petit pour le matériau d'outil. De préférence, l'outil 100 est réalisé en matériau métallique. Les fibres qui constituent l'ébauche 301 en tissu de fibres ont un coefficient de dilatation thermique relativement faible en comparaison des matériaux métalliques. Par conséquent, lorsque l'outil 100 est exposé à la chaleur, le matériau de l'outil se dilate à une vitesse beaucoup plus grande que la vitesse de dilatation pour l'ébauche 301 en tissu de fibres. La tension créée par la dilatation de l'outil 100 par rapport à la dilatation de l'ébauche 301 en tissu de fibres sert à tendre l'ébauche 301 en tissu de fibres et aligne sensiblement les fibres pour produire un matériau composite uniforme, d'une grande résistance mécanique, sensiblement dépourvu d'ondulations et de rides. Plus la dilatation thermique de l'outil 100 est grande par rapport aux fibres, plus la tension créée est grande. L'aluminium et l'acier constituent, d'une manière nullement limitative, des matériaux adéquats pour la fabrication de l'outil 100.

De préférence, le matériau de renforcement pour la matrice du matériau composite est constitué par un tissu de fibres tissées. Le tissu de fibres est une ébauche apte à former un matériau composite à matrice renforcée. Diverses fibres conviennent pour être utilisées dans des matériaux de matrice de matériaux

composites. Les fibres peuvent être tissées ou superposées en couches pour former une ébauche de matériaux composites. Dans une forme de réalisation de l'invention, l'ébauche 301 en tissu de fibres est un tissu tissé triaxial de faisceaux de brins. Le tissu tissé triaxial a un premier faisceau de brins qui s'étend axialement, tandis qu'un
5 autre faisceau de brins est orienté à environ $+ 60^\circ$ par rapport au faisceau à orientation axiale et qu'un troisième faisceau de brins est orienté à $- 60^\circ$ par rapport au faisceau à orientation axiale. Le carbone, le graphite, les fibres et les résines polyamides constituent, d'une manière nullement limitative, les fibres convenant pour former l'ébauche 301 en tissu de fibres. De préférence, l'ébauche 301 en tissu de
10 fibres est sèche. On entend par "sèche" qu'il n'y a pas de matériau de matrice qui imprègne le tissu de fibres avant le chargement de l'ébauche 301 en tissu de fibres sur l'outil 100.

Le matériau de matrice 601 à utiliser dans le matériau composite à matrice renforcée selon la présente invention est un matériau polymérisable qui forme un
15 matériau composite à matrice très résistante lorsqu'il est renforcé par des fibres de renforcement. Les résines époxy et polyimide constituent, d'une manière nullement limitative, des matériaux de matrice appropriés 601 utilisables dans le matériau composite renforcé selon la présente invention.

Le procédé selon la présente invention comprend une étape consistant à
20 charger l'outil 100 avec le matériau pour former le matériau composite à matrice renforcée. L'outil 100 est tout d'abord chargé avec le matériau de renforcement de la matrice dans le matériau composite fini. De préférence, le matériau de renforcement est une ébauche 301 en tissu de fibres. Le tissu de fibres est de préférence un tissu à structure tissée. De préférence, la structure tissée comprend trois faisceaux de fibres
25 indépendants tissés de manière à avoir des orientations mutuelles de 60° . De préférence, les fibres sont des fibres de graphite. Le tissu peut comprendre, d'une manière nullement limitative, des fibres de graphite suivant trois axes. De préférence, l'ébauche 301 en tissu de fibres comprend les fibres de graphite suivant trois axes avec un toron à faisceau de 24k (c'est-à-dire 24 000 brins) dans la direction axiale et
30 deux faisceaux de 12k (c'est-à-dire 12 000 brins) dans la direction à $+ 60^\circ$ par rapport au toron dans la direction axiale et deux faisceaux à 12k dans la direction $- 60^\circ$ par rapport au toron dans la direction axiale.

Dans une forme de réalisation de l'invention, l'outil 100 a de préférence une configuration préalablement choisie de tambour. La configuration de tambour
35 comprend un corps sensiblement cylindrique 105 fixé à deux plaques d'extrémités

101 et 103. Au moins une des deux plaques d'extrémités 101 et 103 est fixée au corps et est amovible. Dans la présente forme de réalisation de l'invention, l'outil 100 est orienté avec les plaques d'extrémités 101 et 103 placées d'une manière telle que leurs surfaces planes sont orientées à la verticale pour charger l'outil 100 avec le matériau à fibres de renforcement. L'ébauche 301 en tissu de fibres de graphite est disposée autour du corps 105 du tambour. Une partie formant bride 305 de l'ébauche est placée le long de chacune des plaques d'extrémités 101 et 103. La partie formant bride 305 du tissu qui s'étend le long des première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 crée une forme analogue à un flasque.

10 Une fois que l'ébauche 301 en tissu de fibres est chargée sur l'outil, une pluralité de plaques (c'est-à-dire les semelles 107 de flasques) sont disposées en butée les unes contre les autres sur le pourtour de l'outil 100 le long des plaques d'extrémités 101 et 103. Un premier ensemble de plaques est adjacent à la première plaque d'extrémité 101. Un deuxième ensemble de plaques est adjacent à la deuxième plaque d'extrémité 103. De préférence, les plaques sont métalliques et ont au moins une surface dont la superficie 903 est plus grande que la superficie de la longueur de matériau s'étendant le long des plaques d'extrémités 101 et 103. Les plaques sont disposées de manière à assurer un soutien pour le matériau en tissu qui s'étend le long des plaques d'extrémités 101 et 103 et forme la partie formant bride 305 et sont fixées aux plaques d'extrémités à l'aide de pièces de fixation 111 à relâchement de contraintes. Chaque fixation 111 à relâchement de contraintes est une fixation qui permet de mettre en place la semelle à la température ambiante avant le cycle de polymérisation et qui libère les semelles 107 de flasques des première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 pendant la montée en température au cours d'un cycle de polymérisation. Lorsque l'outil se dilate de manière axiale, les fixations à relâchement de contraintes sont conçues pour se déformer plutôt qu'empêcher le mouvement de l'outil. Ainsi, la fixation maintient les semelles 107 de flasque en place, contre le flasque, mais se déforment pour permettre une dilatation axiale de l'outil.

30 Dans une forme de réalisation de l'invention, une ou plusieurs des plaques sont pourvues de canaux 201, 330, 403, 405, 503 servant à faciliter la circulation de l'excédent de résine. Les canaux 201, 303, 403, 405, 503 permettent au matériau de matrice 601 de passer de la zone de l'outil portant les fibres à revêtement de la matrice vers l'extérieur de la zone de l'outil portant les fibres à revêtement de la matrice. Les canaux 201, 303, 403, 405, 503 permettent à l'excédent de matériau de

matrice 601 d'entrer dans la zone de l'outil 100 ou de sortir de la zone de l'outil 100 supportant l'ébauche 301 en tissu de fibres. Lorsque l'outil 100 est placé de façon que la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 soient alignées horizontalement par rapport à l'autoclave pendant le chargement, la deuxième plaque d'extrémité 103 dans le bas comporte une ou plusieurs ouvertures qui sont en communication de fluide avec la zone de l'outil créant le vide, de préférence au niveau ou près de la première plaque d'extrémité supérieure 101 de l'outil. L'outil 100 comprend des réservoirs 109 placés sur le dessus de la première plaque d'extrémité 101 lorsque la première et la deuxième plaque d'extrémité 101 et 103 sont alignées horizontalement. Dans la présente forme de réalisation, le vide communique par circulation de fluide avec les réservoirs 109, et aussi par communication de fluide avec des ouvertures dans les semelles 107 de flasques. Les communications de fluide servent de siphon permettant à l'excédent de matériau de matrice 101 qui s'accumule sous l'effet de la pesanteur de se propager jusqu'à la zone de l'outil comportant une aspiration, en fournissant du matériau de matrice 601 à des zones de la fibre comportant moins de matériau de matrice 601, dont les zones situées au niveau ou près de la première plaque d'extrémité 101. Les tuyaux formant siphons 113 permettent une répartition uniforme du matériau de matrice 601 d'un côté à l'autre de l'ébauche 301 en tissu de fibres.

L'outil 100 est de préférence couvert de matériau de matrice 601, de préférence sous une forme massive. Le matériau de matrice 601 est chargé sur l'ébauche 301 en tissu de fibres en appliquant le matériau de matrice 601 directement à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres. La mise en place du matériau de matrice 601 sur l'ébauche 301 en tissu de fibres comprend la mise en place d'une quantité préalablement choisie de matériau de matrice 601 à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres. La quantité préalablement choisie de matériau de matrice 601 est une quantité suffisante pour imprégner l'ébauche. Le matériau de matrice 601 est empilé ou superposé à la surface de parties distinctes. Une fois que le matériau de matrice 601 est mis en place à la surface de l'ébauche en tissu de fibres, un coussin de pression servant de barrière 603 est placé par-dessus le matériau de matrice 601 pour le maintenir en place jusqu'à ce que l'outil soit chargé dans l'autoclave. Pendant la phase de chauffage, les couches empilées ou superposées de matériau de matrice (c'est-à-dire l'accumulation) fondent et s'infiltrant dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. La force exercée sur le matériau de matrice 601 du fait de la pression agissant sur le coussin de pression dans l'autoclave facilite la pénétration du matériau de

matrice 601 dans l'ébauche 301 en tissu de fibres et la dispersion du matériau de matrice vers l'extérieur à travers l'ébauche 301 en tissu de fibres. La masse en fusion du matériau de matrice forme un front d'onde lorsqu'il traverse l'ébauche 301 en tissu de fibres, lequel expulse les poches de gaz hors de l'ébauche avant que la résine ne commence à durcir et à polymériser. En particulier, le front d'onde expulse l'air, les substances volatiles contenues dans le matériau massif 601 de matrice, par exemple des vapeurs de solvants, et d'autres gaz susceptibles de former des vides, par exemple des poches de gaz constituant des corps étrangers restant dans le matériau de matrice ou dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. La mise en place du matériau de matrice 601 permet également d'imprégner des ébauches ayant des formes complexes. Les formes complexes comprennent des ébauches ayant des formations géométriques plus complexes qu'un cylindre à brides. Des reliefs peuvent être présents dans des ébauches ayant plusieurs passages pour l'écoulement du matériau de matrice avant la polymérisation. Par exemple, des pièces en matériau composite à matrice renforcée peuvent comporter des parties formant des parois planes auxquelles sont fixés des raidisseurs ou des éléments rapportés.

Dans une forme de réalisation de l'invention, le matériau de matrice 601 est une résine séparée en blocs rectangulaires, mis en place à la surface, et épousant la surface de l'ébauche en tissu de fibres. Une résine appropriée peut être constituée, de manière nullement limitative, par une résine époxy et/ou polyimide. Le matériau de matrice 601 est appliqué à la surface de l'ébauche 301 en tissu de fibres de façon qu'une plus grande quantité de matériau de matrice 601 soit appliquée au centre 607 de l'ébauche 301 en tissu de fibres (c'est-à-dire au point médian 607 entre la première et la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103, comme illustré sur la Fig. 6) et qu'une moindre quantité soit appliquée sur les bords 609 de l'ébauche 301 en tissu de fibres (c'est-à-dire sur la zone adjacente aux première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103, comme illustré sur la Fig. 6).

Une fois que l'ébauche 301 en tissu de fibres est revêtue du matériau de matrice 601, l'ébauche 301 en tissu de fibres revêtue de matériau de matrice est revêtue d'une feuille d'élastomère (c'est-à-dire le coussin de pression 603). Le coussin de pression 603 sert de barrière pour isoler le flux de matière de matrice et réguler sa pénétration dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. Après la mise en place du coussin 603, le coussin 603 est fixé hermétiquement contre l'outil 100 pour former une barrière et empêcher la matrice de traverser le coussin 603 tout en permettant son écoulement le long de l'ébauche 301 en tissu de fibres.

Une fois que le coussin 603 a été placé et hermétiquement fixé autour du matériau de matrice en tissu, l'outil 100, comportant le coussin 603 et l'ébauche 301 en tissu de fibres à revêtement de matière de matrice 601, est placé à l'intérieur d'une enveloppe ou poche sous vide 605. Une source de vide 117 est relevée est reliée à la poche de vide 605 et à l'outil 100 pour créer une pression réduite (c'est-à-dire un vide). De préférence, la source de vide 605 crée un vide atteignant environ 711 mm de mercure et de préférence atteignant environ 762 mm de mercure. Le vide produit une force d'entraînement pour la répartition du matériau de matrice 601 pendant les phases de montée en température et de polymérisation du procédé. Le vide est créé sur l'outil 100 par l'intermédiaire de la poche de vide 605. L'outil chargé 100 est ensuite chauffé. Pendant le chauffage de l'outil 100, une pression positive de gaz à l'extérieur de la poche de vide 605 est créée. De préférence, la pression positive est créée à l'aide d'un gaz inerte tel que l'azote. Pendant le cycle de montée et de maintien en température, la pression positive est de préférence portée à des pressions atteignant environ 1378 kPa ou plus, et de préférence atteignant environ 1516 kPa ou plus. Lors du chargement de l'outil 100 dans l'autoclave, l'outil est de préférence orienté avec le plan des première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 aligné horizontalement par rapport à l'autoclave.

Pour former le matériau composite, l'ébauche 301 en tissu de fibres couverte par le coussin, chargée avec le matériau de matrice 601, est chauffée. Le matériau de matrice 601 devient visqueux lorsque la température augmente et pénètre (c'est-à-dire imprègne) dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. En même temps, l'outil 100 sur lequel est chargée l'ébauche 301 en tissu de fibres se dilate sous l'effet de la dilatation thermique. Comme l'ébauche 301 en tissu de fibres ne subit pratiquement pas de dilatation thermique, l'ébauche 301 en tissu de fibres est tendu, en créant au moins une certaine tension et un certain alignement des fibres dans l'ébauche 301 en tissu de fibres. L'outil 100 et l'ébauche 301 en tissu de fibres revêtue de la matrice sont ensuite chauffés à une température permettant une imprégnation complète de l'ébauche 301 en tissu de fibres par le matériau de matrice. Après que l'ébauche 301 en tissu de fibres a été sensiblement imprégnée, l'outil 100 et l'ébauche 301 en tissu de fibres sont chauffés jusqu'à une température de polymérisation, laquelle est maintenue jusqu'à la polymérisation du matériau composite à matrice renforcée par des fibres. Le procédé comprend au moins les étapes suivantes : une première étape de chauffage, une première étape de maintien en température, une deuxième étape de chauffage, une deuxième étape de maintien en température et une étape de

refroidissement. La température est lentement portée à la première température de maintien. Un rythme approprié d'accroissement de température est, de manière nullement limitative, d'environ $\frac{1}{2}^{\circ}\text{F}/\text{min}$ à environ $1^{\circ}\text{F}/\text{min}$. La température et la durée de la première étape de maintien sont suffisantes pour permettre au matériau de

5 matrice de s'infiltrer dans les fibres de renforcement. Une température appropriée pour la première étape de maintien est, de manière nullement limitative, d'environ 300°F à environ 325°F . Les températures qui conviennent pour la première étape de maintien sont, mais de manière nullement limitative, d'environ 310°F . La température et la durée pour la deuxième étape de maintien suffisent pour la

10 polymérisation du matériau de matrice. Une température adéquate pour la deuxième étape de maintien est, d'une manière nullement limitative, d'environ 350°F à environ 375°F . Les températures qui conviennent pour la deuxième étape de maintien sont, mais de manière nullement limitative, d'environ 360°F . Après polymérisation, le matériau composite à matrice renforcée est lentement refroidi jusqu'à la température

15 ambiante.

Pendant les étapes de chauffage, les gaz chauffants de l'autoclave sont répartis sur tout l'outil 100 pour créer un chauffage uniforme du tissu de fibres imprégnées de matrice. De préférence, le corps 105 est creux et/ou possède une surface intérieure, opposée à la surface sur laquelle est placée l'ébauche 301 en tissu

20 de fibres. Dans la présente forme de réalisation, la surface intérieure est exposée à l'atmosphère chauffante pour chauffer l'ébauche 301 en tissu de fibres et le matériau de matrice 601 à travers le corps 105. Dans une forme de réalisation préférée illustrée sur la Fig. 1, le corps de l'outil est creux et possède une forme sensiblement cylindrique. L'extérieur (c'est-à-dire la surface sur laquelle est placée l'ébauche 301

25 en tissu de fibres) et l'intérieur du cylindre sont exposés à l'atmosphère chauffante à travers la poche de vide 605. L'entrée de la partie creuse du cylindre peut comporter un diffuseur pour répartir de manière uniforme l'atmosphère chauffante. L'atmosphère chauffante répartit uniformément la chaleur dans tout le tissu 701 de fibres imprégnées de matrice pour une polymérisation uniforme de la matrice

30 composite renforcée.

Pendant le cycle de chauffage et de mise en dépression, le coussin 605 permet au matériau de matrice 601 de se déplacer soit en direction du vide soit dans la direction de la pesanteur. Une plus grande quantité de matériau de matrice 601 se déplace dans le sens de la gravité que dans la direction du vide. Les ouvertures

35 présentes dans les semelles 107 de flasques permettent à l'excédent de matériau de

matrice de sortir de la partie de l'outil 100 qui supporte les fibres. Lorsque l'outil 100 est disposé avec la première et la deuxième plaque d'extrémités 101 et 103 alignées horizontalement, la plaque d'extrémité dans le bas (c'est-à-dire la deuxième plaque d'extrémité 103) comporte une ou plusieurs ouvertures 201 qui sont reliées par
5 écoulement de fluide à la zone de l'outil 100 qui crée le vide au niveau ou près des réservoirs 109. La zone de l'outil 100 qui crée le vide est de préférence au niveau ou près de la plaque d'extrémité supérieure (c'est-à-dire la première plaque d'extrémité 101) de l'outil 100. Dans une forme de réalisation l'outil 100 comprend des réservoirs 109 placés sur le dessus de la première plaque d'extrémité 101 lorsque la première et
10 la deuxième plaques d'extrémités 101 et 103 sont alignées horizontalement. Dans cette forme de réalisation, la source de vide 117 est reliée aux réservoirs 109 de même que la liaison par écoulement de fluide avec les ouvertures présentes dans les semelles 107 de flasques. Les liaisons par écoulement de fluide servent de siphons permettant à l'excédent de matériau de matrice qui s'accumule sous l'effet de la
15 pesanteur de circuler jusqu'à la zone de l'outil 100 comportant une aspiration et fournissant du matériau de matrice à la zone de la fibre comportant moins de matériau de matrice 601.

Lorsque l'outil 100 est chauffé, il subit une dilatation thermique. L'outil 100 est en matière qui se dilate à une vitesse supérieure à la vitesse de dilatation de
20 l'ébauche 301 en tissu de fibres et du matériau de matrice 601. Par conséquent, lorsque l'outil 100 se dilate, l'ébauche 301 en tissu de fibres se dilate à une vitesse nettement inférieure et est tendue par l'outil 100 qui se dilate, en créant un renforcement par des fibres en précontrainte. Une fois que le matériau de matrice 601 a été sensiblement réparti et polymérisé sur la surface la plus grande 903 de l'outil,
25 l'outil peut alors se refroidir jusqu'à la température ambiante. La matière de l'outil 100 subit une contraction thermique lorsque la température diminue. Cependant, les fibres consolidées par le matériau de matrice, qui ont été tendues et polymérisées aux dimensions de la surface de l'outil 100 à la température la plus élevée, subissent une contraction thermique à une vitesse nettement moindre. Au fur et à mesure du
30 refroidissement du matériau de l'outil 100, les fibres consolidées par le matériau de matrice 601 exercent une force sur la première et/ou la deuxième plaques d'extrémité 101 et 103, car la surface du matériau de matrice renforcé polymérisé 101 à des températures plus basses est plus grande que la surface de l'outil à des températures plus basses. La/les première et deuxième plaques d'extrémité 101 et 103 peuvent
35 bouger et les fixations retenant la/les plaques d'extrémités (c'est-à-dire au moins la

première plaque d'extrémité 101) se déforment, en permettant à la plaque d'extrémité de bouger lorsque le corps de l'outil 100 se dilate. Ainsi, la déformation des fixations 111 ne permet pas à l'ensemble des flasques de retenir le corps de l'outil 100. Au terme du cycle et une fois que le matériau de matrice massive 601 comportant les fibres de renforcement en précontrainte à polymériser est refroidi, la matrice renforcée 601 est retirée de l'outil 100 et, si nécessaire, est égalisée. Par ailleurs, si nécessaire en raison de la configuration de la pièce finie, le corps 105 peut être démonté pour faciliter le retrait de la pièce en matériau composite à matrice renforcée, polymérisée. Les fixations 111 sont jetables et ne sont pas réutilisées.

Les diverses surfaces de l'outil 100 qui viennent au contact du matériau de matrice 601 peuvent éventuellement être revêtues d'un film anti-adhésif, par exemple en polytétrafluoréthylène. Le film anti-adhésif n'adhère pas aux pièces de l'outil et facilite le retrait de la pièce finie. Par exemple, le corps 105, les première et deuxième plaques d'extrémités 101 et 103, les semelles 107 de flasques et/ou le coussin 605 peuvent être revêtus de polytétrafluoréthylène.

Dans une autre forme possible de réalisation de la présente invention, une ébauche 301 en tissu de fibres préimprégné est chargée sur l'outil 100 selon la présente invention. L'ébauche 301 en tissu de fibres préimprégné est un tissu qui est chargé du matériau de matrice non polymérisé 601 avant d'être chargé sur l'outil 100 selon la présente invention. Les semelles 107 de flasque sont mises en place sur l'outil 100 et au voisinage immédiat de l'ébauche 301 en tissu de fibres préimprégné. Les semelles 107 de flasque destinées à servir avec l'ébauche 301 en tissu de fibres préimprégné comportent en outre des rails, des guides ou un mécanisme analogue pour guider le déplacement des semelles 107 de flasque lorsque la pression de l'autoclave est appliquée. Comme dans la forme de réalisation comportant l'ébauche 301 en tissu de fibres non imprégné de matériau de matrice 601, les semelles 107 de flasque ont une plus grande superficie que l'ébauche 301 en tissu de fibres dans la partie 305 de flasque, ce qui donne une très grande force de maintien en position du fait de la pression dans l'autoclave. Lorsque l'outil 100 se dilate au cours du cycle de montée en température et de polymérisation, il tend les fibres de l'ébauche 301 en tissu de fibres sur le rayon des semelles 107 de flasque. Les rails, les guides ou autre mécanisme analogue sont placés afin de permettre aux semelles 107 de flasque de n'exercer une force sur le tissu qu'une fois que l'outil 100 s'est dilaté dans une mesure correspondant à la chaleur suffisante pour rendre visqueux le matériau de matrice 601 dans le tissu de fibres imprégné. Une fois que le matériau de matrice 601 est

visqueux, les semelles 107 des flasques ont la possibilité d'exercer une force sur l'ébauche 301 en tissu de fibres et de tendre le tissu de fibres. Comme dans la forme de réalisation avec le tissu de fibres sec, la tension du tissu de fibres crée un matériau composite à matrice renforcée par des fibres en précontrainte. L'outil 100 et l'article fini se refroidissent et l'outil 100 subit une contraction thermique, mais le matériau composite fini de la matrice renforcée ne se contracte pas autant. Les semelles 107 de flasque et la première plaque d'extrémité 101 sont fixées à l'aide de fixations 111 à relâchement de contraintes. Le relâchement survient lorsque les fixations 111 à relâchement de contraintes qui retiennent les semelles 107 de flasque se déforment sous l'effet des contraintes radiales appropriées et les fixations 111 à relâchement de contraintes qui retiennent la première plaque d'extrémité 101 se déforment pour relâcher les contraintes axiales.

Une forme de réalisation de l'invention comprend un conduit de confinement 1100 en matériau composite ayant un pourcentage de vides inférieur ou égal à 2,5 %. Le conduit de confinement 1100 en matériau composite contient de préférence moins de 2,0 % de vides et, de préférence encore, moins de 1 % de vides.

Le conduit de confinement 1100 en matériau composite selon la présente invention présente des améliorations quant à ses propriétés de confinement. Une forme de réalisation de la présente invention consiste en un conduit de confinement 1100 en matériau composite à matrice de fibres de graphite et de résine époxy. Le matériau composite à matrice de fibres de graphite et de résine époxy selon la présente invention a comme propriétés d'avoir une grande résistance mécanique, impliquant des flasques résistants, une grande légèreté et une réussite aux contrôles de détachement des aubes. Un contrôle de détachement des aubes est un contrôle au cours duquel une turbine à gaz est équipée d'un jeu complet d'aubes de soufflante et d'un conduit de confinement sur le pourtour du passage des aubes. Les aubes de soufflante sont soumises à des vitesses de rotation qui équivalent aux vitesses de rotation atteintes pendant le décollage d'un avion. Une ou plusieurs aubes sont éjectées du montage et peuvent heurter le conduit de confinement. Pour qu'un contrôle de détachement d'aube soit satisfaisant, il convient que l'aube reste à l'intérieur du conduit de confinement. Le procédé selon la présente invention convient tout particulièrement pour fabriquer des pièces d'aubes de turbines à gaz. En particulier, le procédé selon la présente invention convient pour fabriquer des conduits de confinement tels que des carters de soufflantes, qui supportent un contrôle de détachement d'aube.

Le procédé et l'outil 100 selon la présente invention permettent de fabriquer de grandes pièces. Les dimensions des pièces sont légèrement inférieures aux dimensions de la surface de l'outil 100. L'outil 100 et le procédé selon la présente invention conviennent tout particulièrement pour fabriquer des pièces ayant des structures à grandes parois, dont des pièces cylindriques d'un diamètre de l'ordre de 1524 mm (5 pieds) ou plus, dont des pièces cylindriques d'un diamètre de l'ordre de 3948 mm (10 pieds). Dans une forme de réalisation, l'outil selon la présente invention peut créer une partie cylindrique d'un diamètre d'environ 3048 mm ou plus qui préserve une répartition sensiblement uniforme de la matrice et un faible pourcentage de vides.

Les flasques 1101 du conduit de confinement 1100 selon la présente invention ont une grande résistance mécanique. Un premier facteur contribuant à une grande résistance mécanique est le fait que les flasques 1101 font partie intégrante du conduit de confinement 1100. De plus les fibres présentes dans le flasque 1101 sont tendues, en assurant un alignement très grand et une plus grande résistance mécanique. De plus, la répartition de la matrice dans le conduit de confinement est sensiblement uniforme dans tout le corps 1103 du conduit et d'un côté à l'autre des flasques 1101. La répartition sensiblement uniforme dans les flasques 1101 contribue à la grande résistance mécanique des flasques 1101. Les flasques 1101, comme les parties formant parois, ont des fibres de renforcement en précontrainte et une répartition uniforme de la matrice.

Le procédé et l'outil 100 selon la présente invention aboutissent à des pièces en matériau composite d'une forme quasi parfaite après imprégnation et polymérisation de l'ébauche 301 en tissu de fibres. L'outil 100 donne à l'ébauche 301 en tissu de fibres la forme de l'article voulu tout en l'imprégnant du matériau de matrice 601. Une fois polymérisée, l'ébauche 301 en tissu de fibres imprégné de matériau de matrice 601 a une forme presque parfaite, ne nécessitant pratiquement aucun ajustement. Le procédé de fabrication de matériau composite à matrice renforcée par des fibres selon la présente invention donne des pièces en matériau composite ayant sensiblement la forme de l'article fini, ne nécessitant pratiquement aucun ajustement avant installation.

Il est relativement simple et peu coûteux de sortir la pièce finie de l'outil 100 selon la présente invention. Outre le film anti-adhésif facultatif, la première plaque d'extrémité 101 se détache du corps en permettant de retirer la pièce du corps 105. L'outil 100 ne nécessite pas de démontage avant les pièces de l'outil 100 qui se

détachent pendant le cycle de polymérisation. Par conséquent, retirer la pièce finie nécessite très peu de main-d'œuvre et ne coûte pas cher.

LISTE DES PIÈCES

FIGURE 1

100	Outil de formation de conduit en matériau composite
101	Première plaque d'extrémité
103	Deuxième plaque d'extrémité
105	Corps d'outil
107	Semelles de flasques
108	Joints des semelles de flasques
109	Réservoirs
111	Pièces de fixation à relâchement de contraintes
113	Tuyau formant siphon
115	Conduites de vides
117	Source de vides
119	Premier ensemble de semelles de flasque
121	Deuxième ensemble de semelles de flasque

FIGURE 2

201	Canal
203	Cavité
205	Surface intérieure du corps d'outil

FIGURE 3

301	Ebauche en tissu de fibres
303	Canal de répartition de résine
305	Partie formant rebord

FIGURE 4

401	Logement de tuyau formant siphon
403	Canal de répartition de matériau de matrice
405	Canal de réservoir

FIGURE 5

501	Logement de tuyau formant siphon
503	Tuyau de refoulement de résine

505 Fixation de deuxième plaque d'extrémité

FIGURE 6

601 Matériau de matrice
603 Coussin
605 Poche sous vide
607 Point médian du corps d'outil
609 Bords du corps d'outil

FIGURE 7

701 Tissu de fibres partiellement imprégné
703 Répartition du matériau de matrice

FIGURE 8

801 Direction de dilatation thermique
803 Force de tension agissant sur le tissu de fibres partiellement imprégné

FIGURE 9

901 Pression exercée par l'atmosphère de l'autoclave
903 Grande superficie

FIGURE 10

1000 Système de répartition de résine
1001 Matériau de matrice
1003 Tuyau formant siphon
1005 Tissu de fibres
1007 Conduite de vide
1009 Sens de la pesanteur
1011 Puits de regroupement
1013 Puits de répartition
1015 Quantité la plus grande de flux de matériau de matrice dans le tissu de fibres
1016 Quantité la plus petite de flux de matériau de matrice dans le tissu de fibres
1017 Direction d'écoulement de matrice dans le tuyau formant siphon

1019	Centre du tissu de fibres
1021	Bords du tissu de fibres
1023	Source de vide

FIGURE 11

1100	Conduit de confinement en matériau composite
1101	Flasques
1103	Corps du conduit
1105 1107	Partie intérieure

REVENDICATIONS

1. Outil de moulage (100) pour former une pièce en matériau composite
5 à matrice renforcée pour une turbine à gaz, comprenant :
- un corps (105) comportant une première extrémité, une deuxième extrémité et une surface de corps apte à recevoir une première partie d'une ébauche (301) en matériau composite ;
 - une première plaque d'extrémité (101) fixée de manière libérable à la
10 première extrémité du corps (105) et ayant une surface sensiblement plane disposée perpendiculairement à la surface du corps (105) ;
 - une deuxième plaque d'extrémité (103) fixée à la deuxième extrémité du corps (105) et ayant une surface sensiblement plane perpendiculaire à la surface du corps ;
 - 15 un premier ensemble (119) de plaques (107) fixées à une première surface de la première plaque d'extrémité (101), comprenant au moins une première plaque (107, 119) disposée au voisinage immédiat de la surface du corps ;
 - un deuxième ensemble de plaques (107, 121) fixées à une première surface de la deuxième plaque d'extrémité (103), comprenant au moins une deuxième
20 plaque (107, 121) adjacente à la surface du corps (105) ;
 - la première plaque (107, 119) et la deuxième plaque (107, 121) étant fixées de manière libérable et comportant une surface sensiblement plane de première plaque (107, 119) et une surface sensiblement plane de deuxième plaque (107, 119) ;
 - 25 la première plaque (107, 119) et la première plaque d'extrémité (101) ayant une configuration comprenant une première cavité (203) délimitée par la première plaque (107, 119) et la première plaque d'extrémité (101) ;
 - la deuxième plaque (107, 121) et la deuxième plaque (103) ayant une configuration comportant une deuxième cavité (203) délimitée par la deuxième
30 plaque (107, 121) et la deuxième plaque d'extrémité (103) ;
 - les première et deuxième cavités (203) ayant un volume suffisant pour recevoir une deuxième partie d'une ébauche (301) en matériau composite ;
 - la deuxième cavité (203) étant reliée par écoulement de fluide à la première cavité (203) ; et

une source de vide (117), la source de vide (117) étant en communication de fluide.

2. Outil de moulage (100) selon la revendication 1, dans lequel le corps (105) a une surface qui s'étend suivant un premier axe, la première cavité (203) s'étend suivant un deuxième axe, la deuxième cavité (203) s'étend suivant un troisième axe et le premier axe est sensiblement perpendiculaire aux deuxième et troisième axes.

3. Outil de moulage (100) selon la revendication 1, dans lequel la configuration de la surface du corps est sensiblement cylindrique.

4. Outil de moulage (100) selon la revendication 3, dans lequel la surface sensiblement cylindrique du corps comporte, au voisinage immédiat de la première plaque d'extrémité (101) un diamètre de section transversale plus grand que le diamètre de section transversale au voisinage immédiat de la deuxième plaque d'extrémité (103).

5. Outil de moulage (100) selon la revendication 3, dans lequel la surface sensiblement cylindrique du corps (105) comporte, au voisinage de la première (101) et de la deuxième (103) plaques d'extrémités, des diamètres de sections transversales plus grands que le diamètre de section transversale au niveau du point médian entre la première (101) et la deuxième (103) plaques d'extrémités.

6. Outil de moulage (100) selon la revendication 3, dans lequel la première (101) et la deuxième (103) plaques d'extrémités sont fixées à la partie cylindrique de la surface du corps (105) pour créer une forme de tambour et le premier (119) et le deuxième (121) ensembles de plaques (107) sont disposés sur le pourtour de la surface du corps au voisinage immédiat des première (101) et deuxième (103) plaques d'extrémités.

7. Outil de moulage (100) selon la revendication 3, dans lequel la première cavité (203) et la deuxième cavité (203) ont sensiblement une forme annulaire.

8. Outil de moulage (100) selon la revendication 1, comprenant en outre entre la première et la deuxième cavités (203) au moins une liaison par écoulement de fluide grâce à au moins un tuyau (113) relié en communication de fluide à la première cavité (203) via un canal (201, 403, 503) au joint (108) entre les premières plaques du premier ensemble (119) de plaque (107) et à la deuxième cavité (203) via un canal (201, 403, 503) au joint (108) entre les deuxièmes plaques du deuxième ensemble (121) de plaques (107).

9. Outil de moulage (100) selon la revendication 1, comprenant en outre un réservoir (109) de matériau de matrice placé sur une deuxième surface de la première plaque d'extrémité (101), le réservoir de matériau de matrice (109) étant en communication de fluide avec la première cavité (203).

- 5 10. Outil de moulage selon la revendication 9, comprenant en outre un tuyau (113) en communication de fluide avec le réservoir (109) de matériau de matrice et la deuxième cavité (203), la communication de fluide entre la première et la deuxième cavités (203) se faisant par l'intermédiaire du réservoir (109) de matériau de matrice.

10

1/11

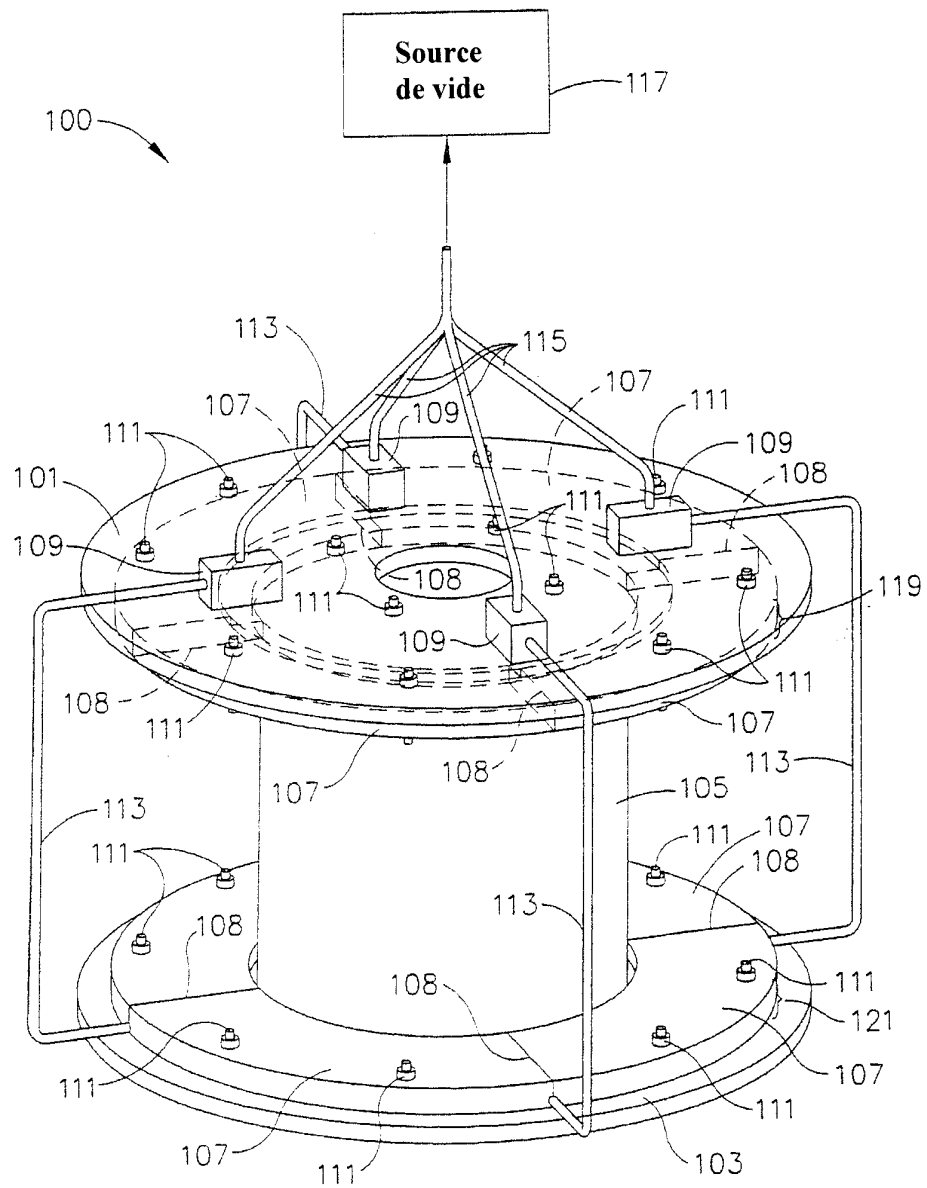


FIG. 1

2/11

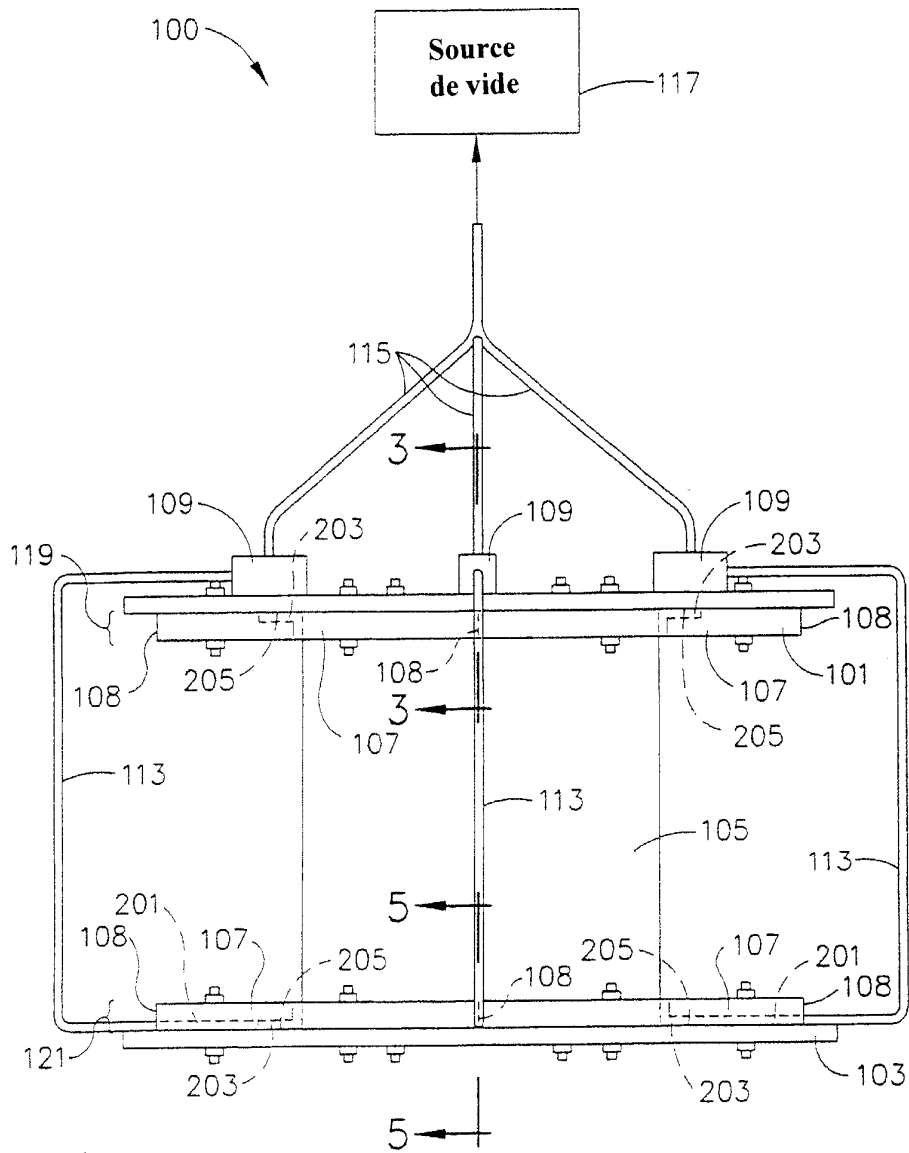


FIG. 2

3/11

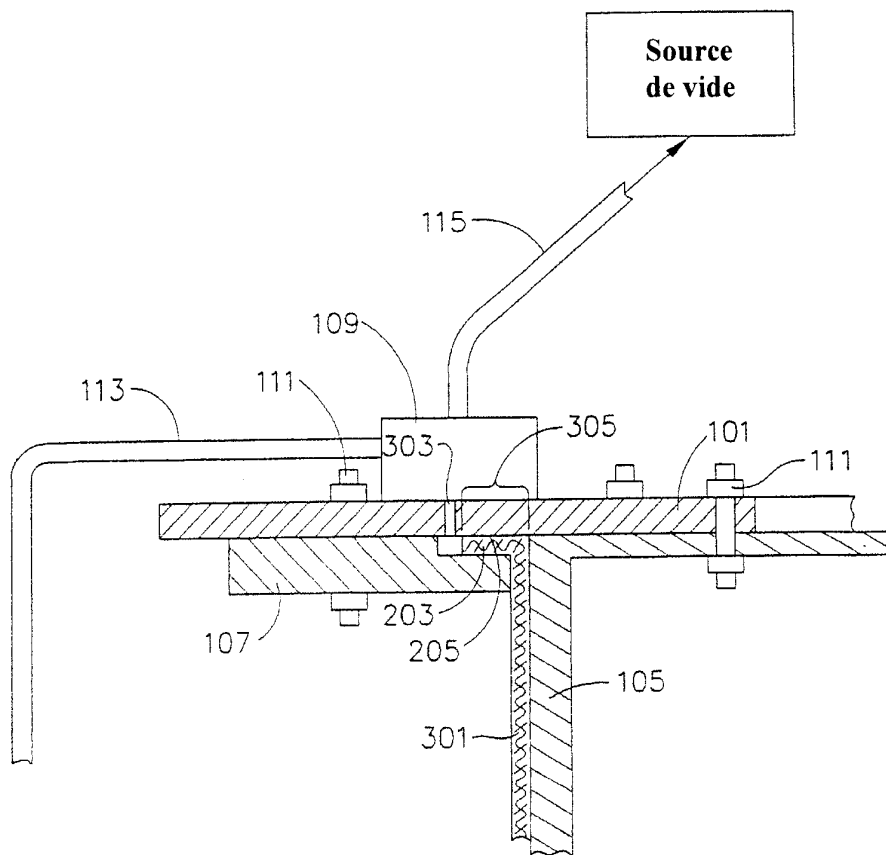


FIG. 3

4/11

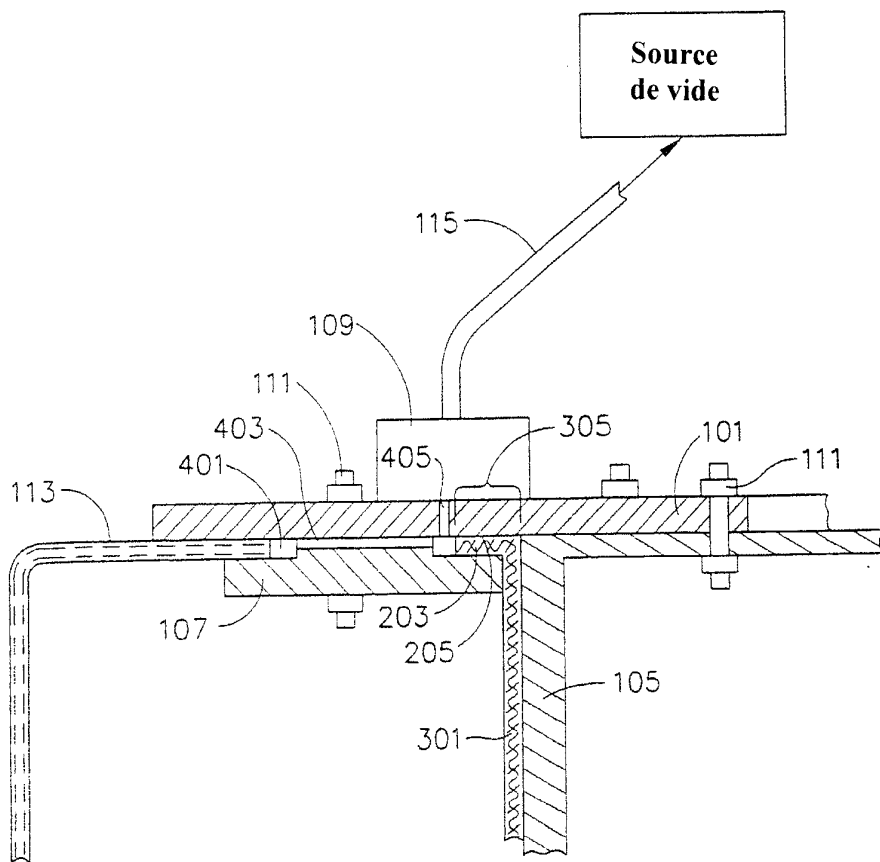


FIG. 4

5/11

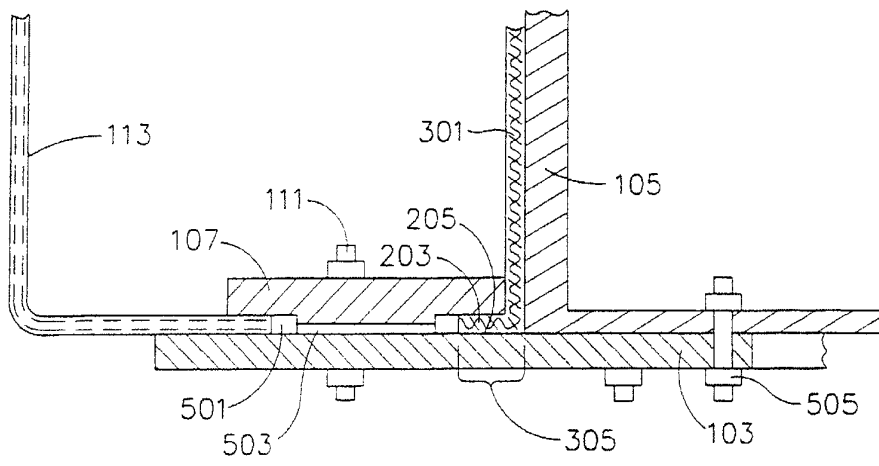


FIG. 5

6/11

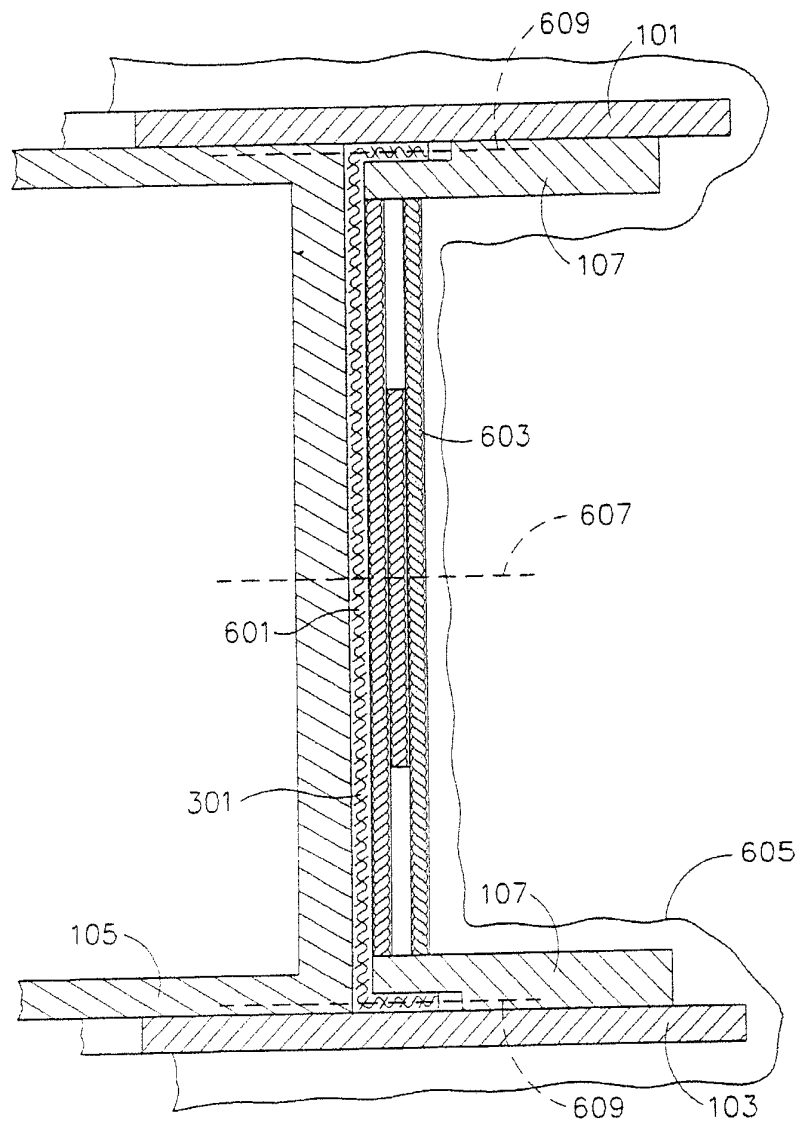


FIG. 6

7/11

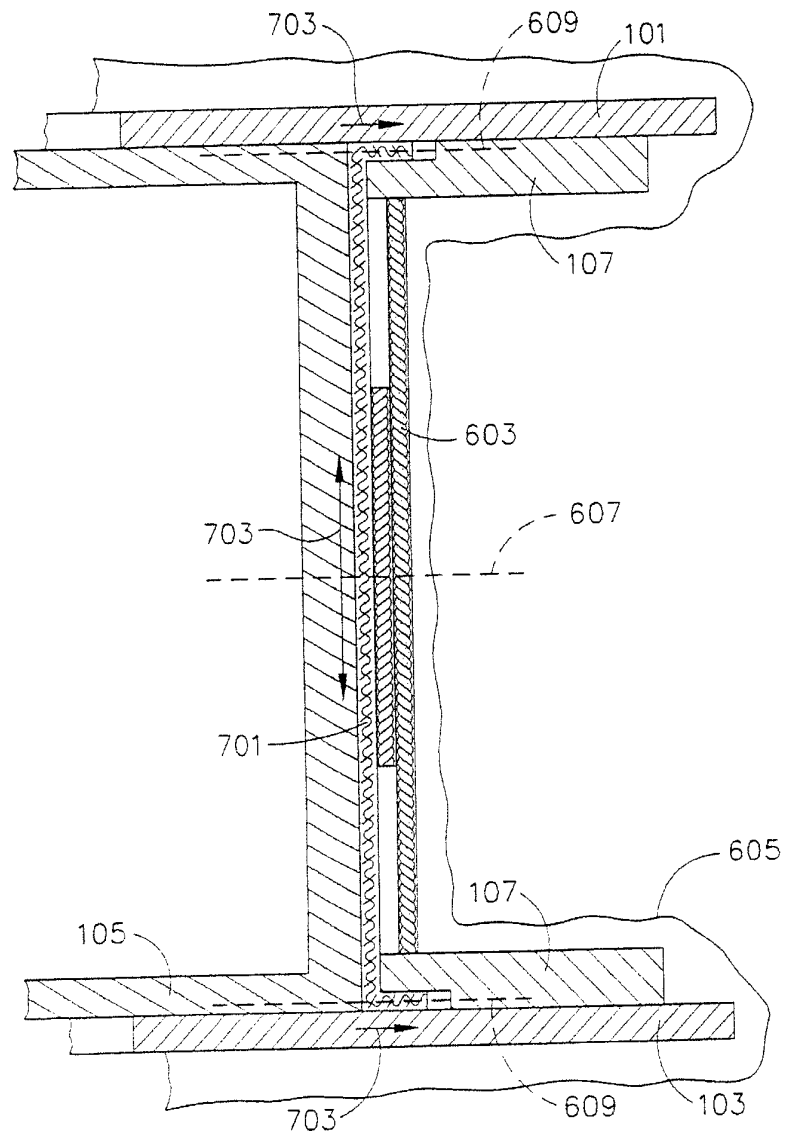


FIG. 7

8/11

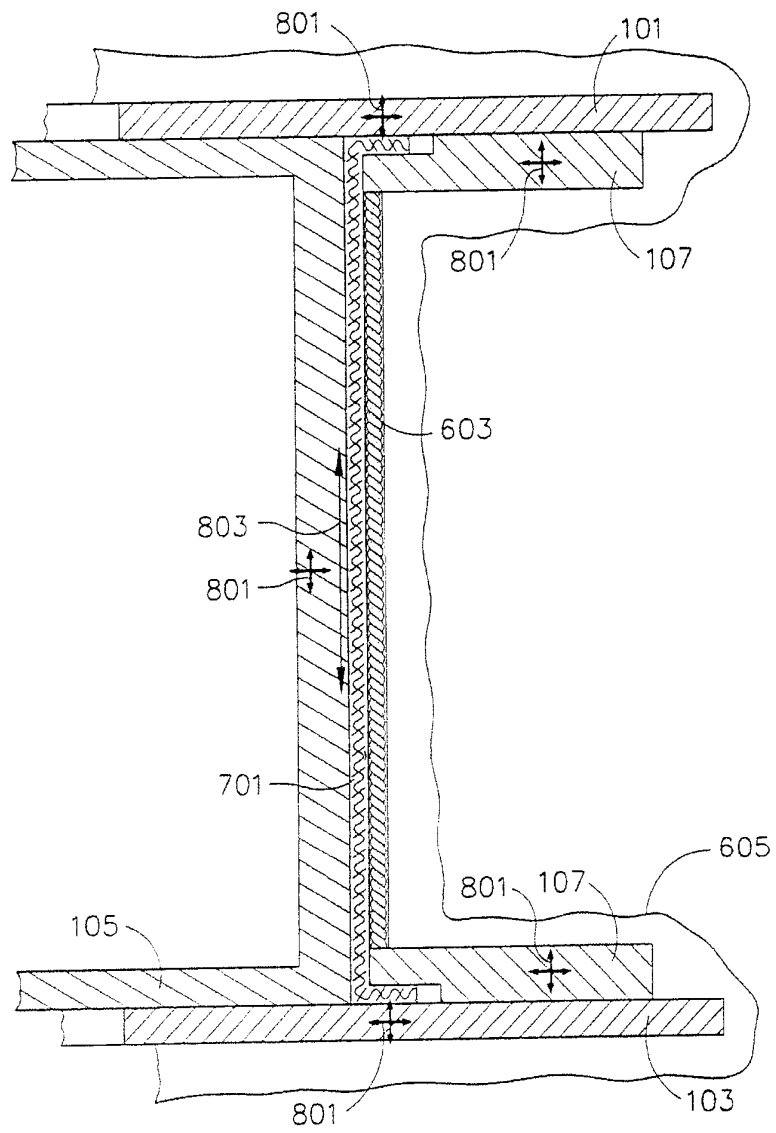


FIG. 8

9/11

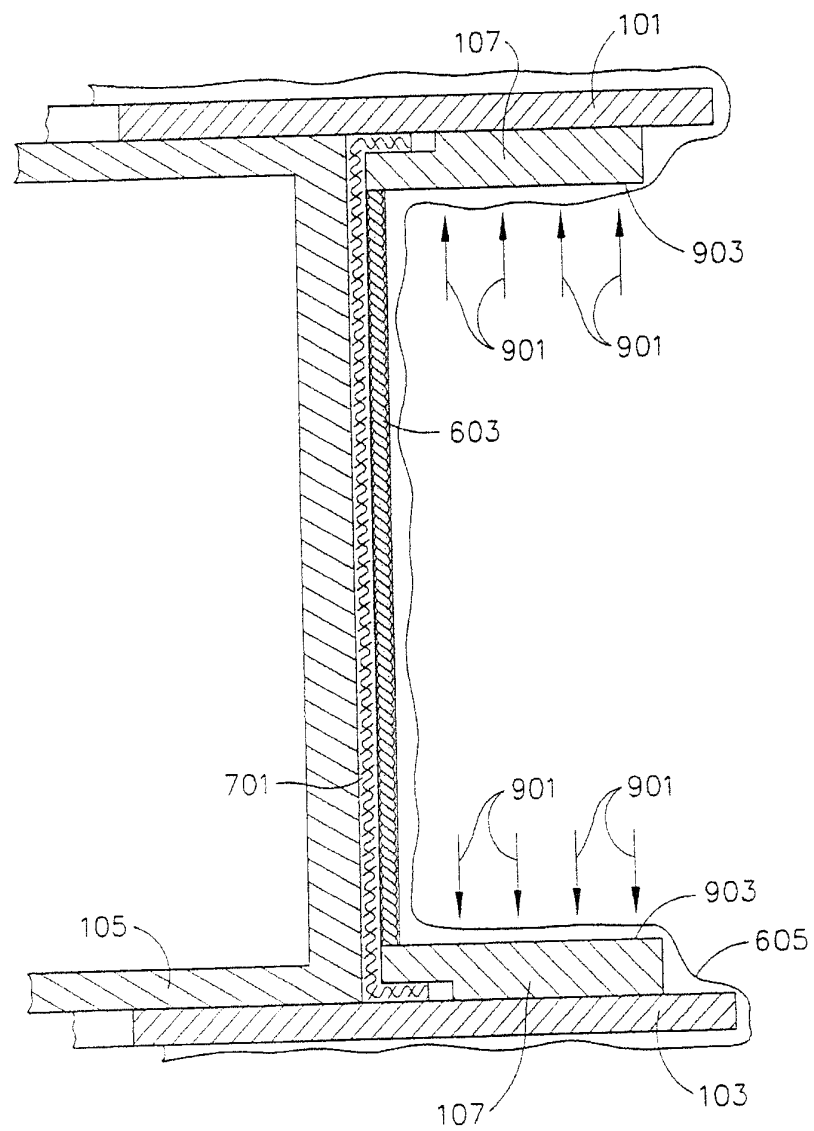


FIG. 9

10/11

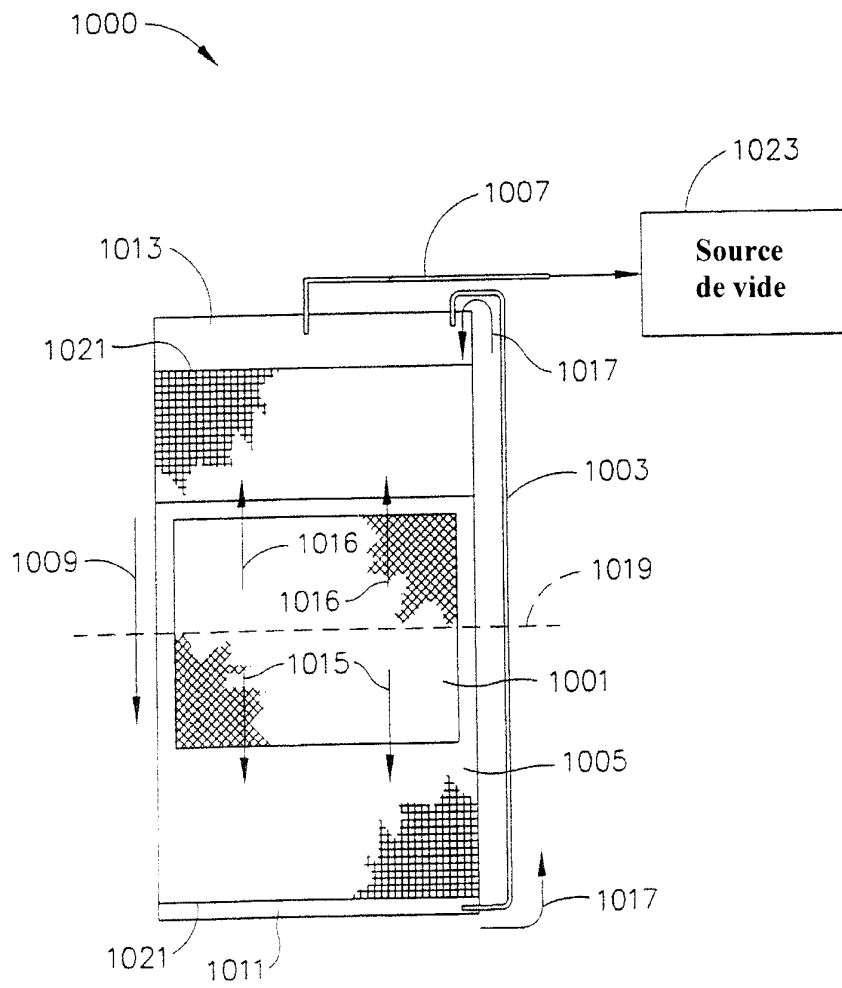


FIG. 10

11/11

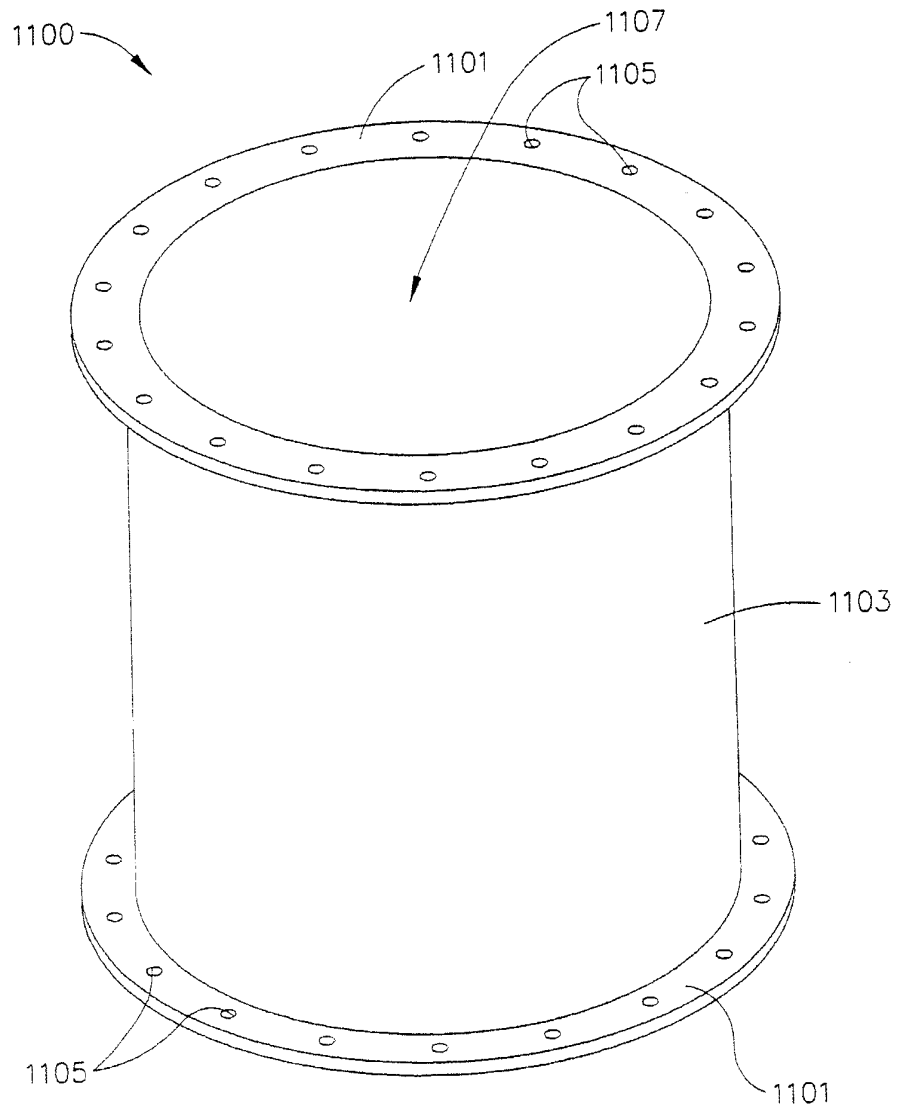


FIG. 11