

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 06.08.01.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.02.03 Bulletin 03/06.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : POLE DE PLASTURGIE DE L EST
Association loi de 1901 — FR.

72) Inventeur(s) : CAUCHOIS JEAN PIERRE, FON-
MARTIN ROBERT et ROSATI ANNE.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) :

54) METHODE DE FABRICATION D'UNE PIECE EN MATERIAUX COMPOSITES DE GRANDES DIMENSIONS OBTENUE PAR LE PROCEDE RTM ET OUTILLAGE POUR SA MISE EN OEUVRE.

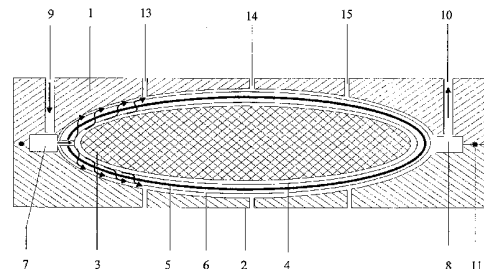
57) L'invention concerne une méthode de fabrication d'une pièce en matériaux composites, sandwich ou monolithique, de très grandes dimensions obtenue par le procédé R. T. M. et outillage pour sa mise en oeuvre.

Le moule RTM est constitué d'une matrice (1) et d'un poinçon (2). L'étanchéité est réalisée par le joint (11). L'injection, par le conduit (9), s'effectue de façon frontale par l'intermédiaire du canal d'injection (7) qui a pour but de diriger la résine directement sur le tissu de drainage (4).

Une fois la résine présente dans le tissu de drainage (4), elle traverse le renfort (5) puis s'écoule enfin dans le tissu de drainage (6) qui a pour fonction de recueillir la résine présente dans le tissu de drainage (4) lui permettant ainsi d'imprégner les fibres de renforcements (5).

La longueur d'écoulement est réduite, dans le cas de pièce de très grandes dimensions, par des conduits (13), (14) et (15) ayant une fonction d'évent pouvant tirer le vide et d'injection.

Cette méthode peut être combinée avec une injection séquentielle séparée en cellules dans le cas de pièces de grande largeur et de grande longueur.



L'invention concerne une méthode de fabrication d'une pièce en matériaux composites, sandwich ou monolithique, de très grandes dimensions obtenue par le procédé R.T.M. et outillage pour sa mise en oeuvre.

Le procédé R.T.M consiste à injecter de la résine dans un moule fermé dans lequel ont été
5 préalablement placées des fibres de renforcement telles que des fibres de verre, de carbone ou d'aramide.

L'écoulement de la résine à travers un renfort placé dans un moule est caractérisé par sa perméabilité K.

$$K = \frac{Q \cdot \eta \cdot \Delta l}{A \cdot \Delta P}$$

10

K= perméabilité (m²)
 Q= Débit (m³.s⁻¹)
 η= Viscosité (Pa.s)
 Δl= Longueur d'écoulement (m)
 A= Section (m²)
 ΔP= Perte de charge (Pa)

15

La loi de Darcy simplifiée, met en relation la perméabilité avec la perte charge (correspondant à l'élévation de pression dans l'outillage), la viscosité de la résine, la section de la zone d'écoulement, la longueur d'écoulement et le débit.

20 Les résultats de cette loi permettent de déterminer, en fonction du cahier des charges, le choix de la technologie et le type de moule à utiliser.

En augmentant les dimensions de la pièce en matériaux composites à réaliser, on augmente la longueur d'écoulement. La pression à l'intérieur du moule croît ainsi proportionnellement pour une perméabilité, un débit, une viscosité, et une section constante.

25 La technologie actuelle du RTM est limitée par cette augmentation de pression. En effet, ce procédé impose un entrefer constant dans un moule qui possède des limites de résistance mécanique à la pression. Selon la loi de Darcy simplifiée, si la pression est limitée, la longueur de l'écoulement devra être réduite. On ne peut donc pas, avec la technologie actuelle du RTM, augmenter la longueur d'écoulement pour tous les types de renforts et de sections.

De plus, pour chaque renfort et chaque configuration, il existe une pression maximale à laquelle le renfort peut être soumis sans déformation. Au-delà de cette limite de déformabilité, le renfort est déplacé.

5 La technique de l'infusion regroupe les opérations suivantes : dépôt des renforts, d'un tissu de délaminage et d'un tissu de drainage, injection en en des points multiples suivant la surface à imprégner et mise sous vide. Le tissu de drainage ne fait donc pas partie intégrante des renforts de la pièce produite et cette technique impose l'utilisation d'une multitude de points d'injection et de consommables.

10 Toutes les tentatives pour réaliser une pièce en matériaux composites de grandes dimensions en RTM, n'ont pu aboutir dans de bonnes conditions, compte tenu notamment des problèmes posés par l'augmentation de la pression dans l'outillage.

Le problème à la base de l'invention est de mettre en place une méthode et un moule pour la fabrication de pièces en matériaux composites monolithiques ou sandwich de grandes dimensions dans le procédé RTM, permettant de surmonter les inconvénients précités.

15 L'invention propose à cet effet une méthode pour la fabrication de pièces en matériaux composites à grandes dimensions en RTM, qui comprend les opérations suivantes ;

- (a) Mise en place des renforts à l'intérieur du moule RTM ;
- (b) Injection frontale de la résine dans un moule dans lequel le vide est tiré;
- (c) Ecoulement de la résine à travers un tissu de drainage intérieur;
- 20 (d) Pompage de la résine à travers le tissu de drainage situé au-dessus des renforts;
- (e) Imprégnation des renforts;
- (f) Phase de polymérisation de la résine ;
- (g) Démoulage de la pièce en matériaux composites ;

Ainsi, malgré les grandes dimensions, l'écoulement de la résine est facilité par les tissus de drainage sans induire de pression importante. En effet d'après la loi de Darcy simplifiée, les tissus de drainage, possédant une perméabilité très importante dans toutes les directions, n'induisent pas de fortes pressions. De plus les tissus de drainage font partie intégrante des renforts de la pièce injectée.

L'utilisation de tissu de drainage repousse les limites posées par la loi de Darcy. Cependant même si les limites ont été contournées, il existe des problèmes d'injectabilité pour certaines pièces de plus grandes dimensions

Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, dans le cas de dimensions importantes, les opérations (b), (c), (d) et (e) peuvent être répétées afin de diviser la longueur d'écoulement totale en sections. Un conduit ayant une fonction d'évent permet de tirer le vide et/ou d'injecter en fin de chaque section.

L'injection d'une pièce avec des renforts de perméabilité et des épaisseurs différentes est difficilement réalisable avec la technologie RTM d'aujourd'hui car l'écoulement de la résine ne se fait alors pas de façon homogène. Un flux de résine n'imprégnant pas de façon homogène les renforts risque d'enfermer des bulles d'air et de laisser des zones de renforts sèches.

Une autre caractéristique de l'invention permet de réaliser une pièce en matériaux composites de grandes dimensions avec des types de renfort et des sections variables. Les sections d'injection correspondent alors aux zones caractéristiques du renfort et de l'entrefer.

Dans une autre variante de l'invention, dans le cas d'une pièce en matériaux composites de grande largeur et de grande longueur, on peut utiliser une injection frontale séquentielle séparée. Pour chaque zone d'injection, l'écoulement se fait par l'intermédiaire de tissus de drainage et à l'aide du vide. En fonction de la géométrie de la pièce, des types de renforts utilisés et des épaisseurs désirées, il est possible de combiner l'injection frontale séquentielle séparée et l'injection répétée (découpage des longueurs d'écoulement à l'aide d'un évent et d'un conduit d'injection par section).

Les principaux avantages de l'invention, en comparaison avec le procédé RTM classique, sont les suivants:

Augmentation des dimensions (longueur et/ou largeur) de la pièce réalisée sans pression trop importante dans l'outillage.

Diminution du temps de cycle apporté par une perméabilité plus importante au moment de l'injection;

- 5 Suppression des risques de bulles d'air à l'intérieur de la pièce et de non imprégnation des renforts par la résine et de déplacement du sandwich;

Réalisation d'une pièce avec des types de renforts et des épaisseurs variables ;

Réduction du coût de l'outillage de part l'utilisation d'outillages légers.

- 10 Par l'expression « injection frontale séquentielle séparée », on entend désigner une injection par l'intermédiaire d'un canal divisé en plusieurs parties. L'injection de chaque partie est contrôlée afin que l'écoulement de la résine se fasse de la façon la plus homogène possible dans chaque type de renfort et/ou zone d'épaisseur.

- 15 Dans une forme de réalisation préférée de l'invention, dans le cas d'une pièce en sandwich, il sera possible de contrôler l'écoulement de la résine au-dessus et au-dessous de l'âme sandwich en cloisonnant cette âme. Si le flux de résine est plus rapide sur l'un des cotés du sandwich, les cloisons constituées de renfort offriront à la résine d'autres zones d'imprégnations. Ainsi l'écoulement de la résine s'effectuera de façon plus homogène en réduisant le risque d'enfermer des bulles d'air, et plus équilibré afin de ne pas déplacer le sandwich dans le moule.

- 20 Eventuellement on pourra rainurer l'âme du sandwich et/ou de s'aider des effets gravitationnels pour faciliter l'écoulement de la résine.

Dans la description qui suit, faite seulement à titre d'exemple, on se réfère aux dessins annexés, sur lesquels:

- La figure 1 représente la section d'un moule RTM à injection frontale, comprenant une âme sandwich pour la pièce ;
- 25 - La figure 2, représente la section d'un moule RTM à injection frontale, pour une pièce monolithique ;

- La figure 3, représente l'écoulement de la résine à travers les tissus de drainage et les renforts;
- La figure 4, représente la section d'un moule RTM à injection répétée, comprenant une âme sandwich pour la pièce;
- 5 - La figure 5, représente la section d'un moule RTM à injection répétée, comprenant une âme sandwich pour la pièce et des cloisons pour un meilleur équilibrage du flux;
- La figure 6, représente une vue de dessus d'un moule RTM combinant l'injection séquentielle séparée et l'injection répétée.

On décrira maintenant simultanément la méthode de fabrication et le moule d'une pièce en
10 matériaux composites à grandes dimensions à l'aide du procédé RTM et de tissus de drainage aux figures 1 et 2

Le moule RTM représenté figure 1 (structure sandwich) et figure 2 (structure monolithique), est
constitué d'une matrice (1) et d'un poinçon (2). L'étanchéité est réalisée par le joint (11).
L'injection, par le conduit (9), s'effectue de façon frontale par l'intermédiaire du canal d'injection
15 (7) qui a pour but de diriger la résine directement sur le tissu de drainage (4).

Une fois la résine présente dans le tissu de drainage (4), figure 3, elle traverse le renfort (5) puis
s'écoule enfin dans le tissu de drainage (6) qui a pour fonction de pomper la résine présente dans
le tissu de drainage (4) afin qu'elle imprègne les fibres de renforcements (5). La résistance
s'opposant à l'écoulement de la résine d'une couche à l'autre est moins importante que celle
20 s'opposant à l'écoulement de la résine tout au long du tissu de drainage (4).

La résine continue d'imprégner les renforts jusqu'à son arrivée dans le canal de récupération (8)
raccordé au conduit (10) qui permet de tirer le vide à l'aide d'un évent.

Dans une forme préférée de réalisation de la figure 4, à laquelle on se réfère maintenant, on
répète le procédé précédent dans le cas de pièce de dimensions plus importante. Comme
25 précédemment la résine s'écoule à travers les renforts (5) grâce aux tissus de drainage (4) et (6).
Le vide est tiré à partir du conduit (13). Une fois la résine arrivée jusqu'à l'évent du conduit (13),
on injecte à nouveau, au niveau du tissu de drainage (4), par ce conduit. Ce passage d'une

fonction d'évent à une fonction d'injection s'effectue de façon visuelle et manuelle ou automatique. On répète cette opération au niveau des conduits (14) et (15).

La dernière étape se termine par la récupération de la résine, par l'évent placé au niveau du conduit (10), dans le canal de récupération (8). Le nombre total d'étapes est fonction de la taille de la pièce.

Dans le cas d'une pièce sandwich (figure 5), l'âme de la pièce est cloisonnée par des renforts drainant à haute perméabilité (16). Le flux de résine est alors homogénéisé, réduisant le risque d'enfermement et équilibré, réduisant le risque de déplacement du sandwich dans le moule.

Lors de la fabrication d'une pièce en matériaux composites de grande largeur et grande longueur, figure 6, il est nécessaire de combiner la méthode de l'injection répétée avec l'injection séquentielle séparée. Pour cela on sectionne le canal d'injection (17) en cellules (19) à l'aide de joints (22). Le vide est tiré depuis la canal de récupération (18), lui-même découpée en cellules (20). La résine pénètre dans la première cellule (19) et s'écoule à travers les renforts (5). Le vide est tiré depuis la cellule (20) afin que la résine s'écoule préférentiellement dans le sens des Y. Des conduits (21) sont disposés le long du trajet de la résine afin de pouvoir tirer le vide localement et injecter, réduisant ainsi les longueur d'écoulement. Après déclenchement, la résine remplit la cellule (23) pour suivre le même processus.

La pièce est totalement injectée lorsque la résine issue de la dernière cellule d'injection est récupérée dans la dernière cellule de vide.

REVENDICATIONS

1. Méthode de fabrication d'une pièce en matériaux composites de grandes dimensions obtenue par le procédé RTM, caractérisée en ce qu'elle comprend les opérations suivantes:

- (a) Mise en place des renforts (5) à l'intérieur du moule RTM ;
- 5 (b) Injection frontale de la résine dans un moule dans lequel le vide est tiré;
- (c) Ecoulement de la résine à travers un tissu de drainage intérieur (4);
- (d) Pompage de la résine par le tissu de drainage (6) situé au-dessus des renforts (5);
- (e) Imprégnation des renforts (5);
- (f) Phase de polymérisation de la résine ;
- 10 (g) Démoulage de la pièce en matériaux composites.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que les opérations (c) et (d) sont réalisées à l'aide de tissus de drainage (4) et (6) qui feront partie intégrante des renforts de la pièce.

3. Procédé selon les revendications 1, caractérisé en ce que l'écoulement de la résine à travers les renforts (5) est facilité par le vide effectué depuis le canal de récupération (8).

15 4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que la longueur d'écoulement est réduite, dans le cas de pièce de très grandes dimensions, par des conduits (13), (14) et (15) ayant une fonction d'évent pouvant tirer le vide et d'injection.

20 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les opérations (a) à (e) sont combinées avec une injection séquentielle séparée en cellules dans le cas de pièces de grande largeur et de grande longueur.

6. Moule pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication 4 comprenant une matrice(1), un poinçon (2), un canal d'injection (7), un canal de récupération (8) et des conduits (13), ayant une fonction d'évent pour tirer le vide et d'injection.

25 7. Moule pour la mise en œuvre du procédé selon la revendication (6) comprenant un canal d'injection (17) séparé en cellules (19), un canal de récupération découpé (18) en cellules (20) et des conduits (21) ayant une fonction d'évent pour tirer le vide et d'injection.

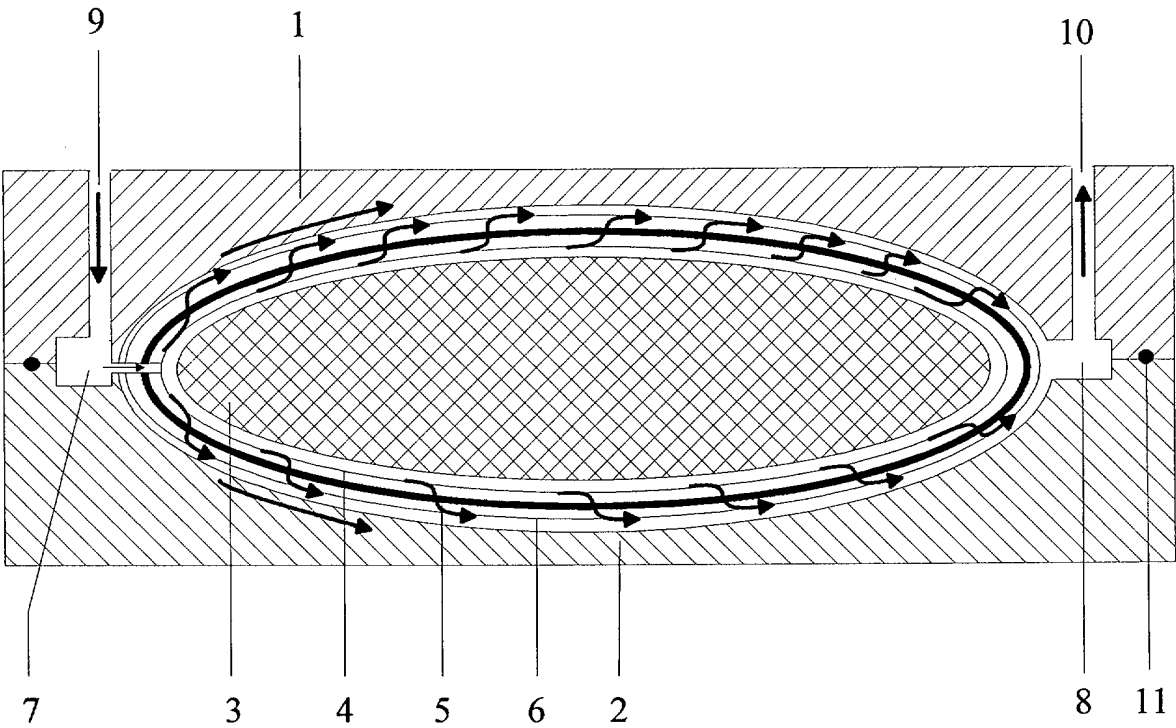


FIG.1

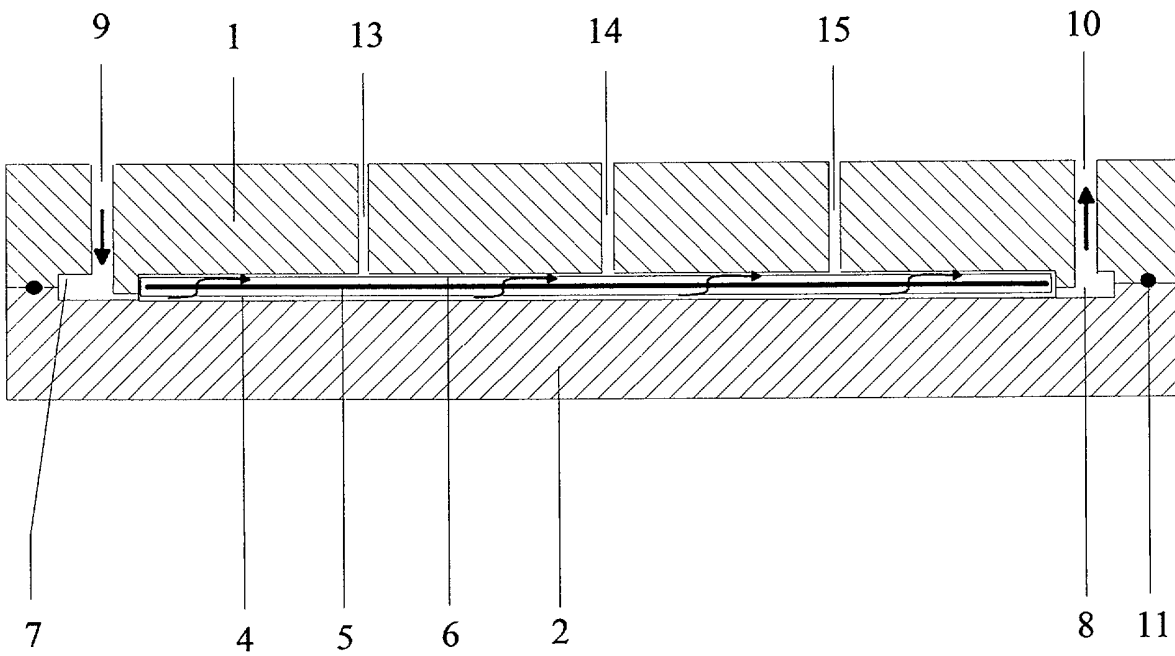


FIG.2

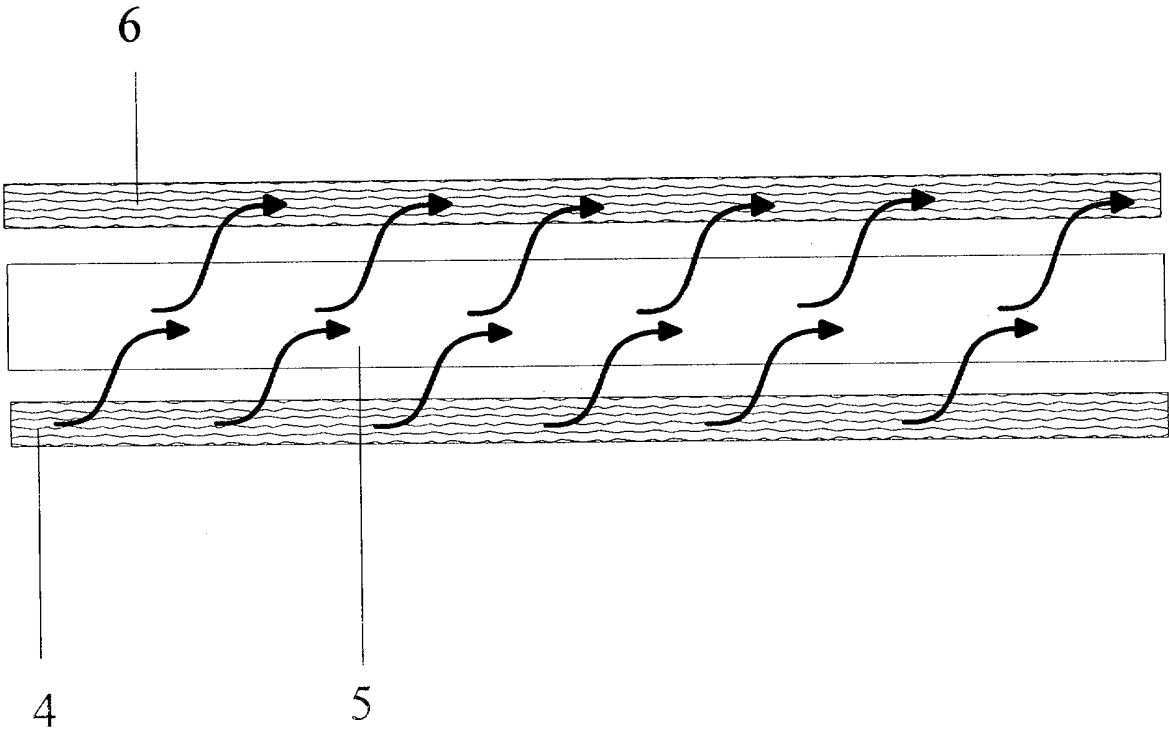


FIG.3

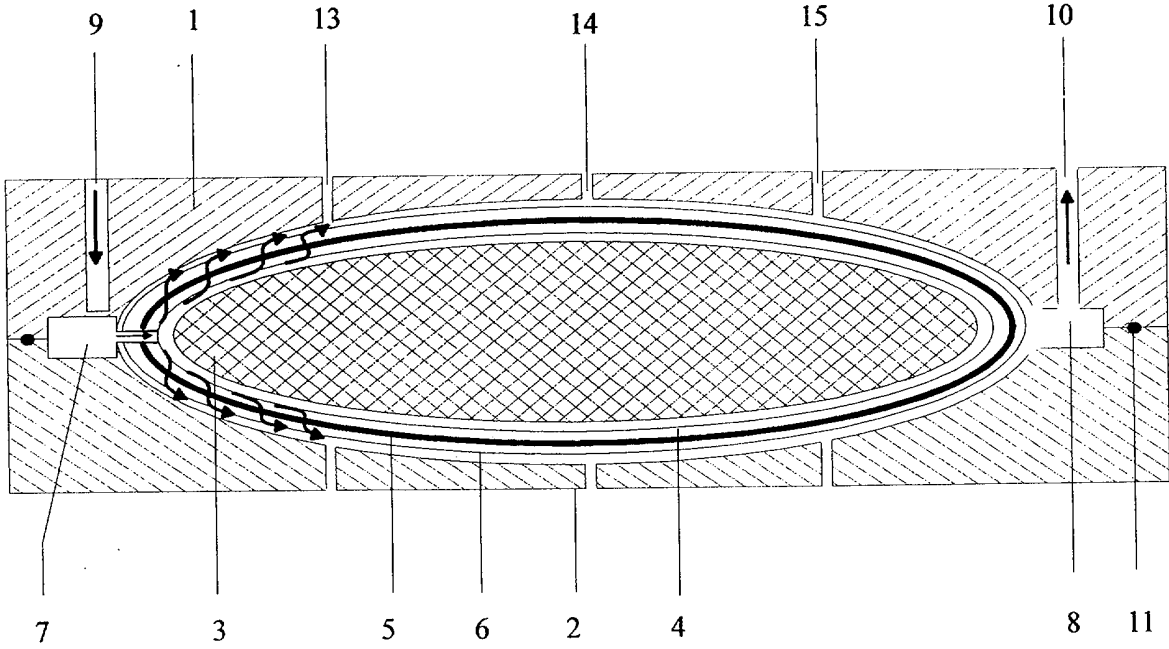


FIG.4

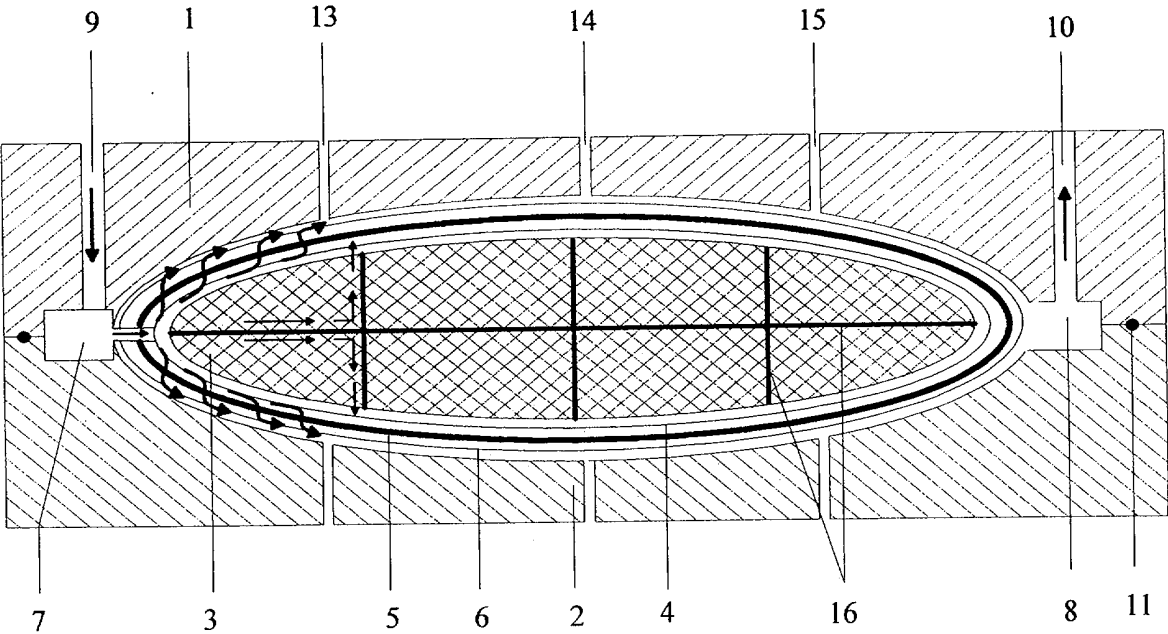


FIG.5

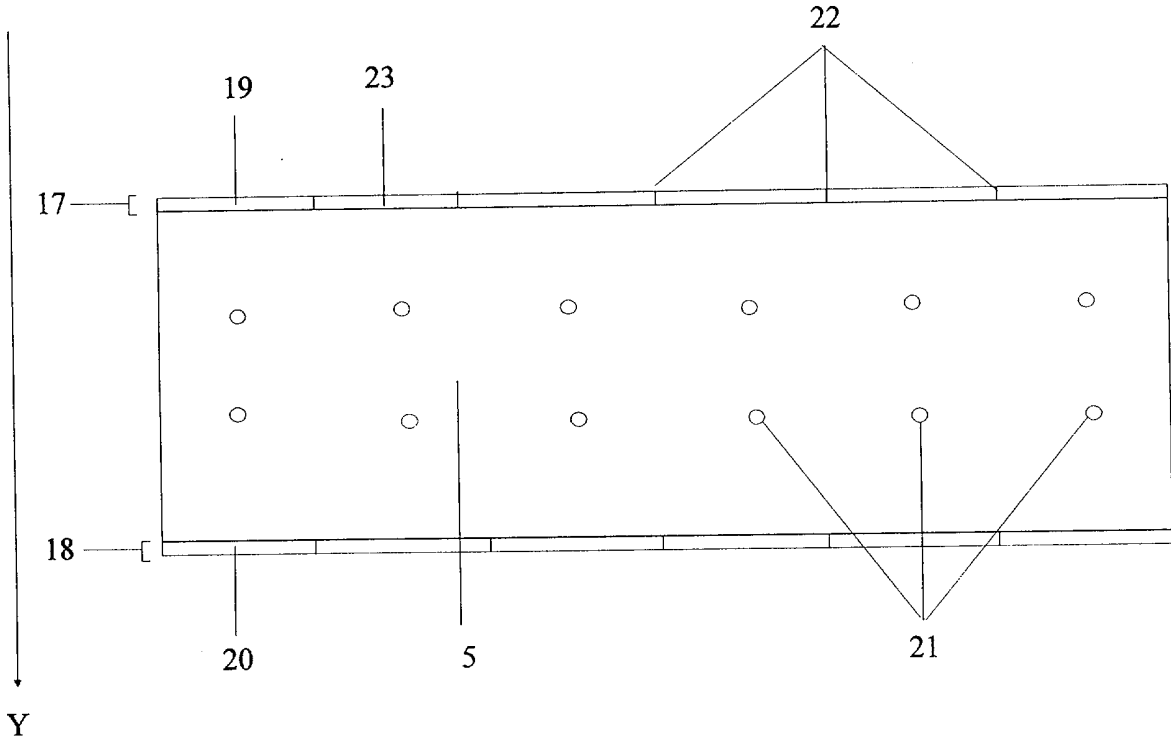


FIG.6

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 608230
FR 0110474

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 942 013 A (BONNAR GERARD R ET AL) 17 juillet 1990 (1990-07-17) * colonne 10, ligne 1 - ligne 11; revendication 32 *	1-3	B29C70/48
A	EP 0 525 263 A (SEEMAN WILLIAM H) 3 février 1993 (1993-02-03) * colonne 10, ligne 58 - colonne 11, ligne 11 *	1-7	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			B29C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		22 avril 2002	Van Wallene, A
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire	 & : membre de la même famille, document correspondant	

2

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0110474 FA 608230**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-04-2002
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4942013	A	17-07-1990	AUCUN	
EP 0525263	A	03-02-1993	EP 0525263 A1	03-02-1993
			AT 135961 T	15-04-1996
			DE 69118374 D1	02-05-1996
			DE 69118374 T2	31-10-1996
			DK 525263 T3	12-08-1996
			ES 2089139 T3	01-10-1996
			GR 3020402 T3	30-09-1996