



## (12) FASCICULE DE BREVET

(11) N° de publication : **MA 30805 B1** (51) Cl. internationale : **B29C 33/30**

(43) Date de publication :  
**01.10.2009**

---

(21) N° Dépôt :  
**31807**

(22) Date de Dépôt :  
**22.04.2009**

(86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT :  
**PCT/FR2006/002375 23.10.2006**

(71) Demandeur(s) :  
**CONSTRUCTIONS INDUSTRIELLES DE LA MEDITERRANEE - CNIM, 35, rue de Bassano F-75008 Paris (FR)**

(72) Inventeur(s) :  
**MICHEAUX, Dominique ; VALIBOUSE, Pierre ; MARINO, Philippe ; COLOMBO, Denis**

(74) Mandataire :  
**ABU-SETTA & PARTNERS**

---

(54) Titre : **OUTIL COMPOSITE POUR LE MOULAGE DE PIÈCES CYLINDRIQUES**

(57) Abrégé : L'INVENTION CONCERNE UN OUTIL EN MATÉRIAU COMPOSITE POUR LA RÉALISATION D'UNE PIÈCE CYLINDRIQUE EN MATÉRIAU COMPOSITE, L'OUTIL ÉTANT DESTINÉ À CONSTITUER UN MANDRIN SUR LEQUEL LA PIÈCE CYLINDRIQUE SERA FORMÉE, CARACTÉRISÉ EN CE QU'IL COMPREND UN ENSEMBLE D'ÉLÉMENTS (1) DONT CHACUN CONSTITUE UN SECTEUR CYLINDRIQUE DE L'OUTIL, CHACUN DE ÉLÉMENTS (1) COMPORTANT UNE STRUCTURE PORTEUSE (2) EN COMPOSITE DE FIBRES ET UNE PEAU (3) MOULÉE SUR LA STRUCTURE PORTEUSE (2), L'OUTIL COMPORTANT EN OUTRE DES MOYENS D'ÉTANCHÉITÉ (11, 12) DESTINÉS À ÊTRE PLACÉS AUX JONCTIONS ENTRE LES ÉLÉMENTS (1) DE L'OUTIL.

## Abrégé

L'invention concerne un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en matériau composite, l'outil étant destiné à constituer un mandrin sur lequel la pièce cylindrique sera formée, caractérisé en ce qu'il comprend un ensemble d'éléments (1) dont chacun constitue un secteur cylindrique de l'outil, chacun de éléments (1) comportant une structure porteuse (2) en composite de fibres et une peau (3) moulée sur la structure porteuse (2), l'outil comportant en outre des moyens d'étanchéité (11, 12) destinés à être placés aux jonctions entre les éléments (1) de l'outil.

## OUTIL COMPOSITE POUR LE MOULAGE DE PIÈCES CYLINDRIQUES

La présente invention concerne un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en un matériau composite. L'invention concerne également un procédé de réalisation d'un tel outil.

Dans le domaine aéronautique, pour ne citer qu'un seul domaine d'application, on utilise de plus en plus de pièces composites en fibre de carbone pour obtenir des structures de plus en plus légères sans pour autant renoncer à la rigidité et à d'autres caractéristiques nécessaires, mais aussi pour obtenir des éléments présentant un aspect plus agréable qu'une pièce en métal tout en assurant une résistance au feu.

La réalisation de telles pièces composites nécessite un outillage de grande précision. Cet outillage, que l'on peut également appeler un moule, doit à la fois assurer les fonctions habituelles de tout outillage rappelées ci-après, garantir des tolérances géométriques de la pièce finale et supporter des cycles thermiques et de pressions parfois assez particuliers tels que ceux qui interviennent, par exemple, lors d'un passage en autoclave.

Habituellement, on utilise à cet effet des moules métalliques réalisés en acier Invar par chaudronnerie et usinage ou des moules composites réalisés en fibres de carbone, préimprégnées de résine époxy, par moulage dans un moule appelé « master ».

Bien que la technologie Invar soit largement utilisée en fabrication en série, il n'en reste pas moins que le coût unitaire d'un tel moule est élevé. En contrepartie, les outillages réalisés en fibres de carbone sont moins chers, mais sont plus fragiles et pratiquement non réparables, et cela principalement en raison des problèmes de non étanchéité qui subsistent après leur réparation.

Lorsqu'il s'agit de réaliser des pièces cylindriques, notamment de grandes dimensions, les problèmes de réalisation proviennent moins de la taille et des difficultés de manipulation de tels moules, mais  
5 plutôt de la difficulté de garantir les tolérances géométriques finales de la pièce, car celles-ci dépendent du comportement du moule pendant le cycle de polymérisation et aussi très fortement de la structure de la pièce à obtenir et de son comportement sur son  
10 outillage. En effet, les problèmes résultant de la dilatation thermique et d'un retrait de la résine ne sont souvent pas négligeables.

Dans une telle situation, seule une approche par usinage permettrait de garantir les tolérances finales de  
15 la pièce.

Il existe des matériaux composites qui, moulés et polymérisés sous température élevée et forte pression en autoclave, peuvent être ensuite usinés pour obtenir la géométrie souhaitée, tout en conservant l'étanchéité  
20 requise pour la fabrication de la pièce finale. Cependant, de tels matériaux nécessitent la réalisation d'un « master » capable de tenir aux conditions de température et de pression de leur polymérisation en autoclave. De tels « masters » sont d'autant plus coûteux  
25 et complexes que la structure à réaliser est de grandes dimensions et que les exigences géométriques sont sévères. A titre d'exemple, des tolérances de +/- 0,6 mm pour un diamètre de la pièce de 4 m ne sont pas des conditions rares à remplir. De plus, la segmentation d'un  
30 outillage en plusieurs pétales pour permettre le démoulage, rend cette utilisation encore plus problématique.

Comme indiqué au début de cette description, la réalisation d'une pièce composite en fibres de carbone  
35 préimprégnées de résine époxy nécessite un outillage de grande précision, qui doit assurer les fonctions habituelles de tout outillage de précision. Dans le

domaine intéressant ici, l'outillage doit permettre de draper une peau raidie de profils type  $\Omega$  par dépose de fibres. L'outillage doit également pouvoir être extrait de la structure drapée après polymérisation. En outre, 5 l'outillage doit respecter les tolérances demandées et doit permettre la tenue de raidisseurs et de leurs noyaux. Enfin, la surface de dépose des fibres doit être étanche à température ambiante et à température élevée en autoclave afin de pouvoir placer un sac à vide lors de la 10 polymérisation. L'outillage doit également permettre de fixer des cales ou contre-moules (caul plates) pour la phase de polymérisation. Et enfin, l'outillage doit résister aux conditions d'environnement du procédé de fabrication de la pièce.

15 Par ailleurs, un outillage composite destiné à la réalisation d'une pièce cylindrique en un matériau composite doit comporter des thermocouples, doit avoir une surface de contact avec une rugosité maximale de  $Ra=0,8$  et doit intégrer des surlongueurs nécessaires au 20 détournement de la pièce obtenue.

Le but de l'invention est de proposer un outillage qui remplit des diverses conditions énoncées ci avant et qui soit facile à manipuler, notamment lors de l'extraction de l'outillage de la structure drapée après 25 polymérisation.

Le but de l'invention est atteint avec un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en un matériau composite, l'outil étant destiné à constituer un mandrin sur lequel la pièce 30 cylindrique sera formée.

Selon l'invention, l'outil comprend un ensemble d'éléments dont chacun constitue un secteur cylindrique de l'outil, chacun de éléments comportant une structure porteuse en composite de fibres et une peau moulée sur la 35 structure porteuse, l'outil comportant en outre des moyens d'étanchéité destinés à être placés aux jonctions entre les éléments de l'outil.

- L'outillage de l'invention est ainsi constitué d'un ensemble d'éléments assemblés mécaniquement et qui est démontable élément par élément, selon une séquence précise, ce qui permet le démoulage de la pièce finie.
- 5 Chacun des éléments d'un tel outil, qui sont également appelés « tuiles », est avantageusement réalisé de la manière suivante :
- on réalise une structure porteuse en composite de fibres de carbone classique. Ceci peut être réalisé  
10 suivant un procédé classique consistant en
    - l'utilisation d'un « master » classique en mousse et pâte extrudable et usinage ; un tel master est peu onéreux car il n'a pas besoin d'être très précis ;
    - 15 • la cuisson de la structure porteuse en étuve sous vide (donc pas en autoclave) en basse température, de l'ordre de 40°C/45°C, puis un cycle de post-cuisson conférant une tenue en température élevée ;
    - la structure porteuse peut être auto-raïdie de  
20 façon à supporter les efforts mécaniques lors de la mise en œuvre de l'outillage ; parmi ces efforts mécaniques notons plus particulièrement ceux intervenant par le drapage, lors de la polymérisation en autoclave, lors d'opérations de manutention, et lors  
25 du démontage et du remontage de l'outil ;
  - une peau en fibres de carbone préimprégnées d'une résine en époxy ou une peau en fibres de carbone préimprégnées d'une résine polyimide, notamment de bismaléimide, de faible épaisseur sera moulée sur la  
30 structure porteuse, cuit à l'autoclave sous vide et pression et à haute température pour obtenir les propriétés mécaniques requises et l'homogénéité attendues de matériaux. La structure porteuse permet cette mise en œuvre.
  - 35 - une reprise en usinage de la peau ainsi réalisée permet d'obtenir la géométrie souhaitée ainsi que

l'intégration des éléments permettant l'obtention de l'étanchéité aux interfaces.

Un outillage réalisé de la manière décrite ci avant et démontable, tuile par tuile, selon une séquence  
5 précise, permet le démoulage de la pièce finie quelque soit les dimensions de celle-ci.

Notons plus particulièrement que le nombre d'éléments qui composent l'outillage de l'invention dépend entièrement des dimensions de la pièce à réaliser  
10 et de certaines contraintes de manipulation de chacun des éléments. L'exemple de réalisation décrit plus loin présente un outillage composé de sept tuiles, nombre arbitrairement choisi qui n'est donc en aucun cas limitatif ni préférentiel.

15 La solution de l'invention est parfaitement adaptable à des outillages de développement, mais peut également être appliquée pour des outillages de production en série. En effet, le matériau utilisé pour la réalisation de la peau permet des reprises et  
20 réparations qui peuvent être rendues nécessaires au cours de la vie de l'outillage, par exemple à la suite de chocs ou de tout autre type d'endommagement ou par l'usure.

Selon le mode de réalisation choisi de l'outillage de l'invention, ce dernier peut avoir les  
25 caractéristiques supplémentaires ci-après, considérées isolément ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles :

- chacun des éléments comporte une structure porteuse en composite de fibres de carbone ;
- 30 - chacun des éléments comporte une peau en carbone préimprégnée d'une résine époxy ;
- chacun des éléments comporte une peau en carbone préimprégnée d'une résine à structure polyimide ;
- chacun des éléments comporte une peau en carbone  
35 préimprégnée de bismaléimide ;
- chacun des éléments comporte une peau ayant subi, après moulage et cuisson, un usinage conférant à

- l'élément des dimensions prédéterminées et à la peau un état de surface prédéterminé ;
- les moyens d'étanchéité comportent des joints toriques ;
- 5           - les moyens d'étanchéité comportent des joints toriques gonflables en silicone ;
- l'outil comprend des inserts étanches destinés à être placés aux jonctions des éléments du côté de la peau.
- 10           Le but de l'invention est également atteint avec un procédé de réalisation d'un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en un matériau composite, l'outil comprenant un ensemble d'éléments dont chacun constitue un secteur cylindrique
- 15 de l'outil.
- Selon l'invention, le procédé comprend au moins les étapes suivantes :
- réalisation d'un nombre prédéterminé d'éléments comportant une structure porteuse en composite de fibres,
- 20           - moulage d'une peau sur la structure porteuse,
- cuisson des éléments,
  - usinage de la peau de chacun des éléments afin de conférer à chacun des éléments des dimensions prédéterminées et à la peau un état de surface
- 25 prédéterminé.
- Les secteurs de peau de l'outillage sont composés d'un composite à base de nappes de fibres de carbone, préimprégnées d'une résine et déposées suivant un plan de drapage quasi-iso.
- 30           Lorsque l'on réalise la préimprégnation avec une résine outillage, la peau ne permet pas l'obtention directe par moulage de la tolérance géométrique exigée et n'autorise pas non plus une reprise par usinage pour garantir un état de surface satisfaisant vis-à-vis de la
- 35 rugosité de surface et de l'étanchéité exigées. Pour cette raison, la peau est recouverte d'une couche en composite (quasi-iso) de type HexTool<sup>®</sup> de la société



Hexcel, matériau composite qui présente d'excellentes caractéristiques en ce qui concerne la rugosité de surface et l'étanchéité.

Avantageusement, la peau est réalisée avec une surépaisseur avec 1 à 2 mm afin de permettre un réusinage de la côte finie après fabrication et contrôle d'une première pièce. L'épaisseur recommandée de la peau est de l'ordre de 10 mm.

Dans les dessins annexés, une séquence de figures représente la cinématique de retrait des différents éléments ou tuiles d'un outillage de l'invention d'une pièce réalisée à l'aide de cet outil. On y voit plus particulièrement que la conception de cette invention permet de dégager et d'extraire les éléments uns à uns. A aucun moment de la séquence, la surface des peaux de différents éléments ne coupe la surface de la pièce réalisée. Les moyens à mettre en œuvre pour effectuer cette opération de démandrinage doivent bien sûr être adaptés à l'utilisation de l'outillage et aux cadences de production requises.

La performance de l'étanchéité de l'outillage étant essentielle vis-à-vis de la qualité de la pièce à réaliser, cette étanchéité est adaptée au concept de secteurs cylindriques retenus pour assurer le démandrinage, ainsi qu'au procédé de réalisation de la pièce.

La solution proposée dans le cadre de la présente invention consiste à utiliser deux joints toriques disposés à une distance de la peau de chacun des éléments et à des niveaux différents. La solution de double joint torique permet de contrôler en continu la validité de la barrière d'étanchéité. De plus, cette solution permet de corriger des variations de vide au cours du procédé de réalisation de la pièce composite.

En outre, il est possible d'utiliser des joints toriques pleins en viton ou en silicone, puisque ceux-ci sont prévus à fonctionner à des températures élevées

telles que celles prévues en autoclave. Toutefois, en raison des jeux envisagés, il est possible que l'étanchéité ne soit pas assurée à chacune des opérations de réalisation d'une pièce cylindrique en composite. Pour  
5 cette raison, il est préférable de prendre des joints toriques gonflables en silicone.

Le joint torique le plus sollicité pendant la réalisation de la pièce est le joint intérieur, car d'un côté il subit la pression de l'autoclave, qui est de  
10 l'ordre de 8 bar, et de l'autre côté il subit le vide, qui est de l'ordre de 50 mbar. Dans ces conditions, on peut utiliser, par exemple, deux joints gonflables tubulaires ayant un diamètre extérieur de 16 mm. Les gorges destinées à recevoir ces joints sont usinées en  
15 opposition de manière à ne pas affaiblir la peau, comme cela est représenté dans les dessins annexés. Avantagement, le joint intérieur doit pouvoir être gonflé à une pression de l'ordre de 10 bar.

L'utilisation de joints gonflables assure  
20 l'étanchéité nécessaire pour l'outillage de l'invention. Toutefois, cette utilisation n'est pas sans impacte sur le dimensionnement des peaux de chacun des éléments et de la structure porteuse. En effet, les joints gonflages induisent des efforts très importants sur les parois  
25 longitudinales des peaux. En effet, en considérant que la pression du joint s'applique sur environ 50 % de la gorge, l'effort généré sur le bord d'une peau de longueur 6000 mm est de l'ordre de 50000 N environ. Suivant la géométrie des peaux, ces efforts induisent des moments de  
30 torsion et de flexion dans la structure porteuse qui doivent avoir des dimensions en conséquence.

La validité de la tenue de l'étanchéité de la pression en autoclave est avantagement vérifiée avant d'entrer la pièce dans l'autoclave, en gonflant l'espace  
35 inter-joint à la pression de 8 bar.

La gestion de l'interface entre les peaux de deux éléments adjacents et les joints gonflables et la bâche à

vide, est aussi très importante pour assurer la tenue du vide lors de la polymérisation. A cet effet, une solution possible consiste à placer à chaque jonction de deux éléments adjacents, en extrémité de peau, un insert 5 étanche permettant le passage du joint gonflable lequel est recouvert par la bâche à vide.

L'outillage de l'invention présente les avantages suivants :

- l'outil de l'invention constitue une solution 10 économique permettant de disposer d'un outillage de grande dimension pour la fabrication de pièces de structure composite de très grande dimension avec une très grande précision géométrique ;

- l'outil de l'invention comporte une structure en 15 fibres de carbone préimprégnées d'une résine époxy, ce qui permet une polymérisation à basse température, suivi d'une post-cuisson ;

- l'outil de l'invention comprend un revêtement en 20 composite de fibres de carbone préimprégnées d'une résine époxy ou d'une résine à structure polyimide, notamment en bismaléimide, ce qui permet d'usiner la surface de l'outil sans le déformer et en conservant l'homogénéité et l'étanchéité du matériau ;

- l'outil peut être réparé suivant une procédure 25 simple et applicable individuellement à chaque élément de l'outil ;

- la tenue du matériau de surface de l'outil permet une utilisation de celui-ci pendant plusieurs centaines de cycles ;

- l'architecture de l'outil de l'invention, grâce à 30 laquelle la partie centrale de l'outil est entièrement dégagée, permet de prévoir une mécanisation de la manipulation des éléments de l'outil afin de faciliter l'opération de démandrinage et de remontage du mandrin et 35 de réduire ainsi la durée de ces opérations pour des fabrications en série.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description ci-après d'un mode de réalisation de l'outil de l'invention. La description est faite en référence aux dessins dans  
5 lesquels

les figures 1 à 8 représentent un outil suivant un mode de réalisation préféré de l'invention et la cinématique de son démontage, à savoir

la figure 1 représente l'outil avec un premier  
10 élément dégagé pour être extrait,

la figure 2 représente l'extraction du premier élément de l'outil de l'invention,

la figure 3 représente l'outil avec un deuxième élément dégagé pour être extrait,

15 la figure 4 représente l'extraction du deuxième élément de l'outil de l'invention,

la figure 5 représente l'outil avec les trois derniers éléments dont l'antépénultième élément est dégagé pour être extrait,

20 la figure 6 représente l'extraction de l'antépénultième élément de l'outil de l'invention,

la figure 7 représente l'outil avec les deux derniers éléments dont l'avant-dernier est dégagé pour être extrait,

25 la figure 8 représente l'extraction de l'avant-dernier élément de l'outil de l'invention,

la figure 9 représente isolément un élément de l'outil de l'invention du côté de la peau de l'élément,

30 la figure 10 représente l'élément de la figure 9 en une section transversale,

la figure 11 représente la jonction entre deux éléments adjacents de l'outil de l'invention, et

35 la figure 12 représente schématiquement la disposition d'un insert d'étanchéité dans un outil de l'invention.

La figure 1 représente un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en

un matériau composite, par exemple pour la réalisation d'un élément de fuselage d'un avion. L'outil, qui est lui-même réalisé sous la forme d'un élément cylindrique de révolution, est destiné à constituer un mandrin sur lequel la pièce cylindrique à réaliser sera formée.

Conformément à l'invention, l'outil comprend sept éléments dont chacun constitue un secteur cylindrique de l'outil. Les éléments 1 sont conformés pour être maintenus en contact étanche suivant le pourtour de la pièce à réaliser.

Avantageusement, les éléments 1 de l'outil de l'invention sont tous identiques entre eux lorsqu'il s'agit de réaliser des pièces cylindriques de révolution ou ayant une forme proche de celle d'un cylindre de révolution.

Toutefois, la présente invention s'applique également à des outils en matériau composite permettant de réaliser des pièces tubulaires ayant une section non circulaire.

Pour cette raison, le nombre d'éléments et, le cas échéant, leurs formes seront déterminés individuellement pour chaque outil.

Comme le montre la suite des figures 1 à 8, les éléments 1 sont non seulement conformés pour pouvoir constituer un moule cylindrique, mais ils sont également conformés pour être dégagés les uns après les autres individuellement vers l'intérieur de l'outil et pour être retirés sans entraver la pièce réalisée.

La suite des figures 1 à 8 représente donc pour quatre éléments 1 choisis de l'outil de l'invention comment l'élément est dégagé vers l'intérieur de l'outil et est ensuite extrait de l'outil et donc de l'intérieur de la pièce réalisée.

Il est aisé de s'imaginer que pour la manipulation de chacun des éléments, et cela aussi bien pour le démontage du moule que pour sa reconstitution, des moyens hydrauliques ou autrement mécanisés peuvent être utilisés

pour la manipulation de chacun des éléments. De plus, il faut prévoir des moyens mécanisés ou non, qui permettent de maintenir les éléments l'un après l'autre jusqu'à ce que l'outil soit complet.

5 La forme d'un outil complet de l'invention pouvant être aisément déduit de la figure 1, l'outil complet n'est pas représenté séparément dans le dessin. La figure 1 représente l'outil de l'invention avec un premier élément 1 dégagé de la périphérie de l'outil en vue  
10 d'être extrait de l'intérieur de la pièce réalisée (non représenté). La figure 2 représente le premier élément en train d'être extrait.

Les figures 3 et 4 représentent respectivement le deuxième élément 1 en position de dégagement et en train  
15 d'être extrait de l'intérieur de la pièce réalisée.

Les figures 5 et 6 représentent les trois derniers éléments restant de l'outil de l'invention avec le cinquième des sept éléments respectivement en position dégagée et en voie d'extraction.

20 Et les figures 7 et 8 représentent l'étape suivante où il ne reste que les deux derniers éléments de l'outil de l'invention. La figure 7 représente l'avant-dernier élément en position de dégagement et la figure 8 représente l'avant-dernier élément en voie d'extraction.

25 La figure 9 représente isolément un élément 1 en une vue en perspective sur sa face convexe, c'est-à-dire sur la face destinée à être tournée vers la pièce à réaliser. On voit sur cette figure plus particulièrement que la surface de l'élément 1 présente toutes les  
30 rainures ou parties en saillie nécessaires et disposées suivant la géométrie prévue pour permettre de réaliser sur la face intérieure de la pièce à réaliser les nervures ou enfoncements souhaités.

La figure 10 représente un élément 1 en une coupe  
35 transversale par rapport à l'axe symétrique de l'outil de l'invention. On y voit plus particulièrement que l'élément 1 comprend une structure porteuse 2 en

composite de fibres, ainsi qu'une peau 3 moulée sur la structure porteuse 2. La structure porteuse 2 comporte, selon le mode de réalisation représenté dans les dessins, une peau 2 suivant la forme déduite de la forme finale de la pièce, une poutre 21 en forme de U avec une section rectangulaire, au moins une cloison transversale 22 dans la partie inférieure de la poutre 21, des voiles longitudinaux 23 sur les extrémités ouvertes de la poutre 21 ainsi qu'un voile transversal 24 s'étendant sur le large largeur entière de l'élément 1 et sur une hauteur déterminée par la courbure de la peau 3.

La figure 11 représente la jonction entre deux éléments 1 adjacents. Dans les retours latéraux de la structure 2 et de la peau moulée 3, deux joints toriques gonflables 11, 12 sont placés dans des rainures 13, 14 situés en opposition et radialement décalées l'une de l'autre. Grâce à cette disposition de l'invention, chacun des deux joints 11, 12 prend appui sur la structure de l'élément adjacent. A titre d'exemple, on peut utiliser des joints gonflables d'un diamètre extérieur de l'ordre de 16 mm et les deux gorges 13, 14 sont réparties alternativement sur chaque tuile adjacente pour ne pas affaiblir la structure.

Un espace 15 entre les deux éléments 1 adjacents qui se présentent au niveau de la peau de chacun des éléments est avantageusement comblé avec une résine époxy. Toutefois, au vue des pressions agissant pendant la cuisson de la pièce réalisée, ce « bouchage » de l'espace 15 n'assurera aucune fonction d'étanchéité. La fonction d'étanchéité est donc entièrement réalisée par les deux joints toriques gonflables 11, 12. En effet, à titre d'exemple, lors du passage de la pièce à réaliser dans l'autoclave, la pression agissant du côté intérieur des éléments 1 est de l'ordre de 8 bar alors que du côté de la peau 3, le vide avec lequel une bâche est appliquée sur la pièce à réaliser, en tant que contre moule, est de l'ordre de 50 mbar seulement. En raison de ces

circonstances de pression, le joint intérieur 12 est gonflé à 125 % de la différence de pression entre la pression de l'autoclave et le vide sur la bâche, c'est-à-dire à environ 10 bar.

5 Puisque les joints toriques gonflables 11, 12 assurent l'étanchéité des jonctions de deux éléments adjacents uniquement dans le sens de leur étendue longitudinale, l'étanchéité en extrémité de peau doit être assurée par des moyens supplémentaires. La solution  
10 proposée ici pour de tels moyens supplémentaires consiste à placer à chaque jonction de deux éléments adjacents, en extrémité de peau, un insert étanche.

La figure 12 représente schématiquement la disposition d'un insert étanche 31 dans un outil de  
15 l'invention.

L'insert 31 est une pièce en équerre, par exemple en silicone, disposée avec une de ses deux ailes, référencée 31A, sur les peaux de deux éléments adjacents 1, 1 et avec l'autre aile, référencée 31B,  
20 transversalement par rapport aux peaux et en extrémité de celles-ci. L'aile 31A de l'insert 31 est recouverte par la bâche à vide et est maintenu en position par une plaque de maintien 32 de la bâche et l'aile 31B est maintenu par une plaque de maintien 33 de l'insert.

25 L'insert 31 comprend par ailleurs deux orifices 34, 35 disposés de façon à ce qu'il se trouvent en face des rainures 13, 14 des deux éléments adjacents 1, 1. Ces orifices permettent de sortir les joints toriques 11, 12 vers l'extérieur et de les brancher ensuite sur une  
30 source d'air à haute pression afin de pouvoir gonfler chacun des deux joints à la pression prédéterminée.



REVENDICATIONS

1. Outil en matériau composite pour la réalisation  
5 d'une pièce cylindrique en un matériau composite, l'outil  
étant destiné à constituer un mandrin sur lequel la pièce  
cylindrique sera formée, caractérisé en ce qu'il comprend  
un ensemble d'éléments (1) dont chacun constitue un  
secteur cylindrique de l'outil, chacun de éléments (1)  
10 comportant une structure porteuse (2) en composite de  
fibres et une peau (3) moulée sur la structure porteuse  
(2), l'outil comportant en outre des moyens d'étanchéité  
(11, 12) destinés à être placés aux jonctions entre les  
éléments (1) de l'outil.

15

2. Outil selon la revendication 1, caractérisé en ce  
que chacun des éléments (1) comporte une structure  
porteuse (2) en composite de fibres de carbone.

20

3. Outil selon la revendication 1 ou 2, caractérisé  
en ce que chacun des éléments (1) comporte une peau (3)  
en carbone préimprégnée d'une résine époxy.

25

4. Outil selon la revendication 1 ou 2, caractérisé  
en ce que chacun des éléments (1) comporte une peau (3)  
en carbone préimprégnée d'une résine à structure  
polyimide.

30

5. Outil selon la revendication 4, caractérisé en ce  
que chacun des éléments (1) comporte une peau (3) en  
carbone préimprégnée de bismaléimide.

35

6. Outil selon l'une quelconque des revendications 1  
à 5, caractérisé en ce que chacun des éléments (1)  
comporte une peau (3) ayant subi, après moulage et  
cuisson, un usinage conférant à l'élément (1) des

dimensions prédéterminées et à la peau (3) un état de surface prédéterminé.

7. Outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les moyens d'étanchéité comportent des joints toriques (11, 12).

8. Outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les moyens d'étanchéité comportent des joints toriques (11, 12) gonflables en silicone.

9. Outil selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce qu'il comprend des inserts étanches destinés à être placés aux jonctions des éléments (1) du côté de la peau (3).

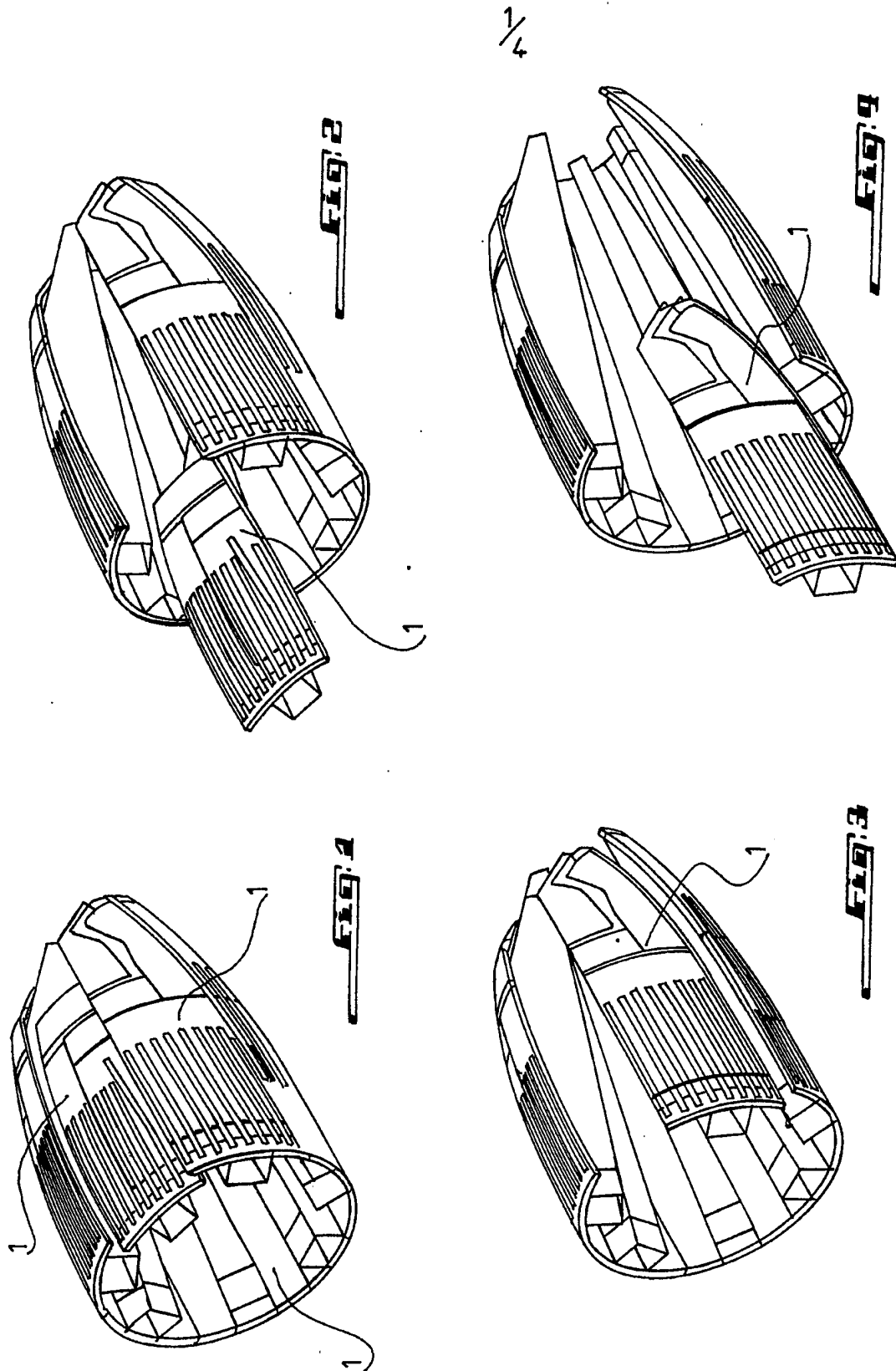
10. Procédé de réalisation d'un outil en matériau composite pour la réalisation d'une pièce cylindrique en un matériau composite, l'outil comprenant un ensemble d'éléments (1) dont chacun constitue un secteur cylindrique de l'outil,

caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

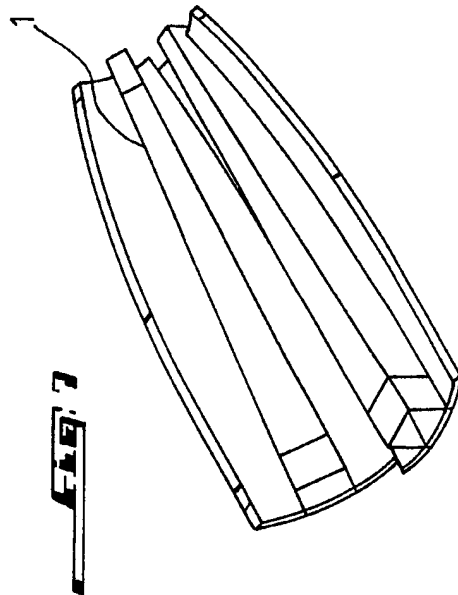
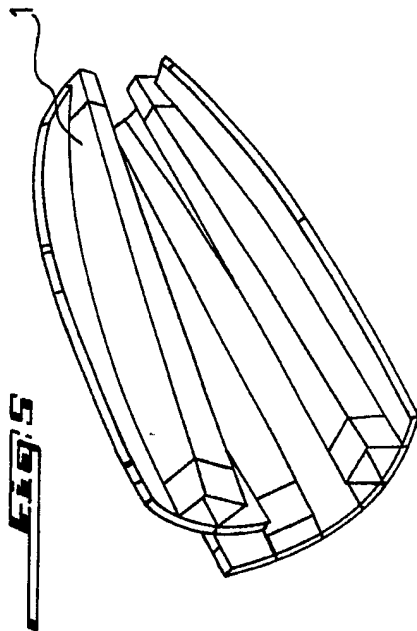
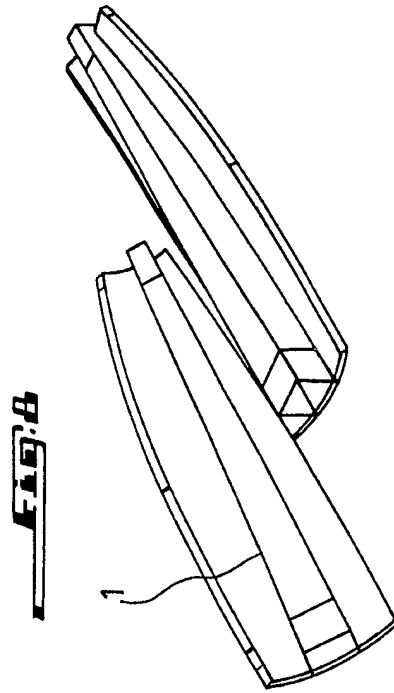
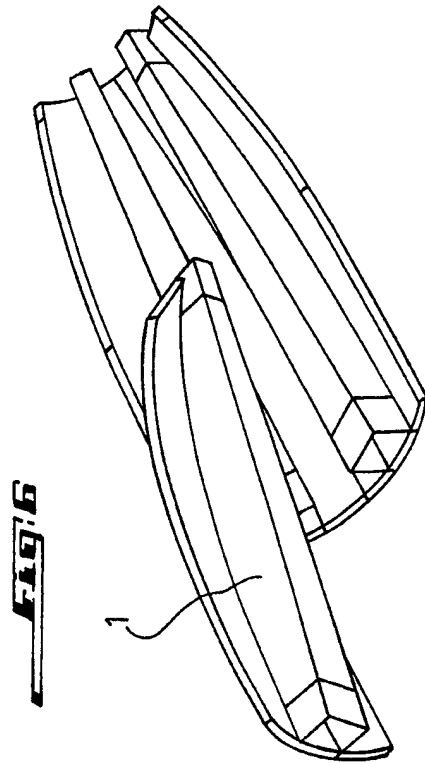
25 réalisation d'un nombre prédéterminé d'éléments (1) comportant une structure porteuse (2) en composite de fibres,

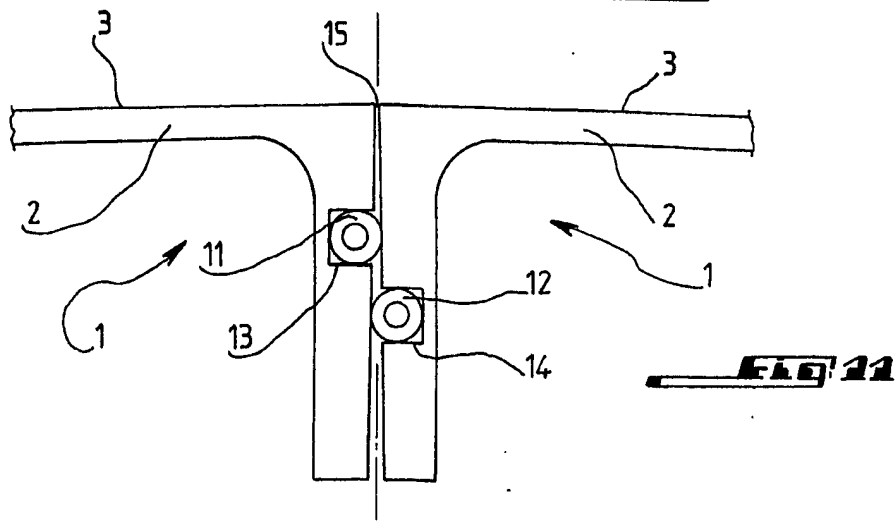
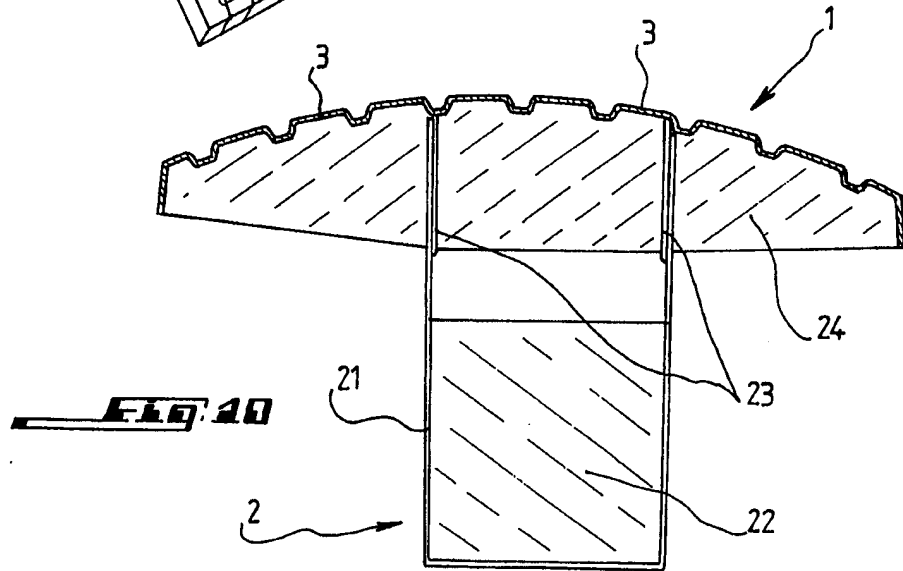
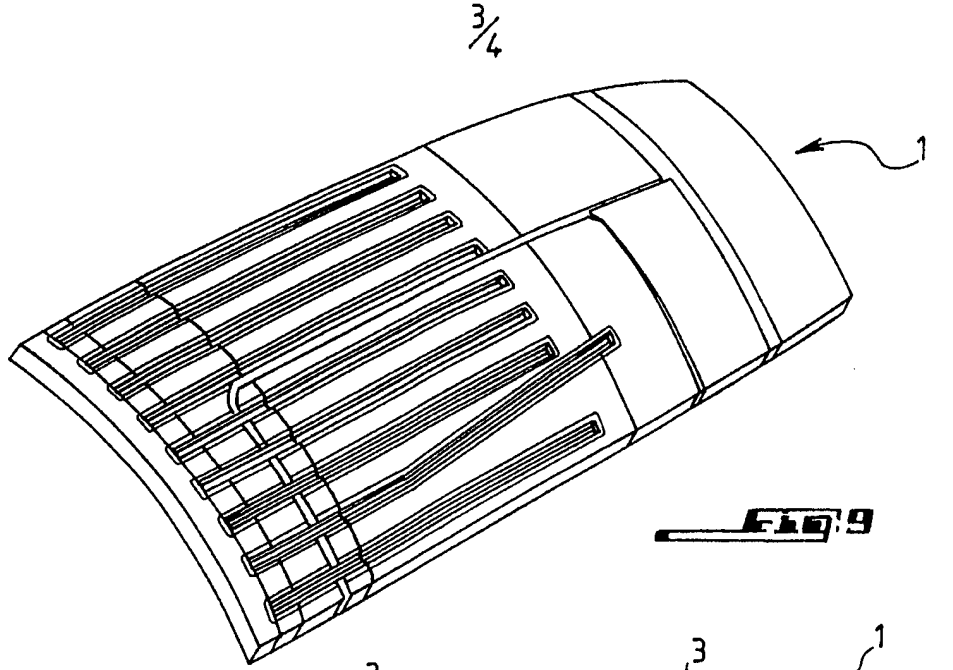
moulage d'une peau (3) sur la structure porteuse (2),  
cuisson des éléments (1),

30 usinage de la peau (3) de chacun des éléments (1) afin de conférer à chacun des éléments (1) des dimensions prédéterminées et à la peau (3) un état de surface prédéterminé.

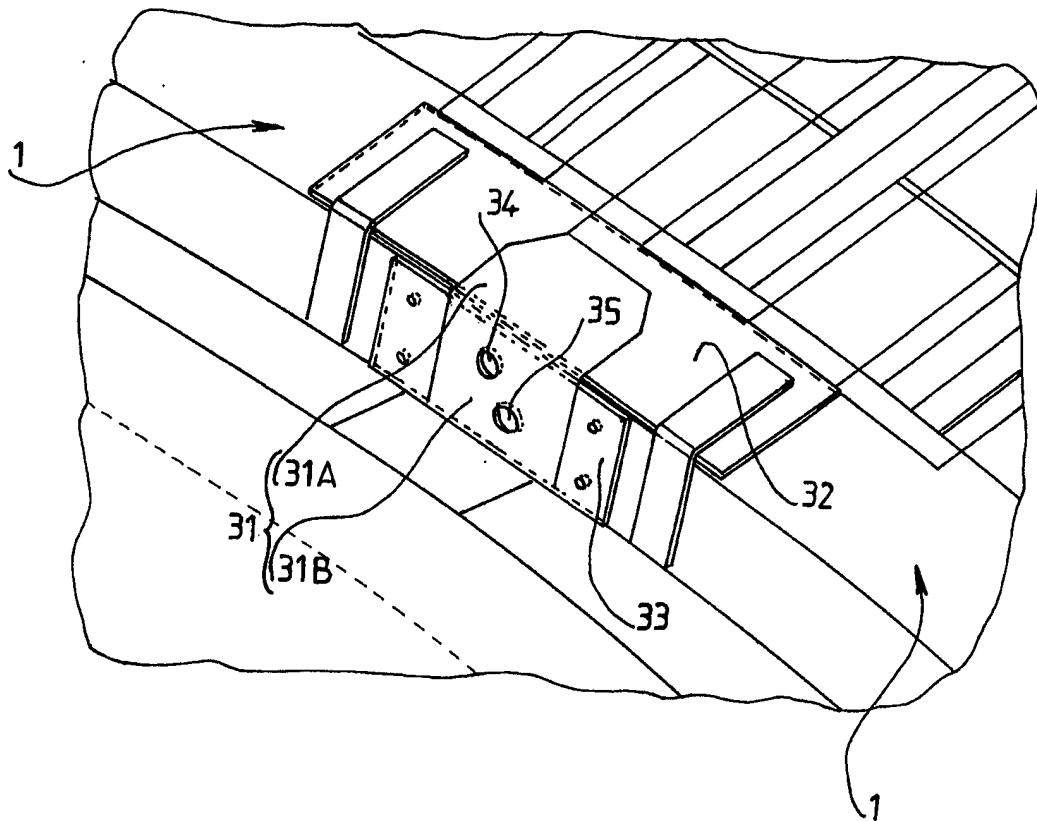


2/4





4/4



**FIG. 12**