

A1

**DEMANDE  
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

**N° 81 19706**

---

(54) Demi-produit à base de fibres préimprégnées de résine polymérisable.

(51) Classification internationale (Int. Cl.<sup>3</sup>). B 32 B 5/08, 27/02; D 06 N 7/06.

(22) Date de dépôt..... 20 octobre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du  
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 16 du 22-4-1983.

---

(71) Déposant : Société dite : SOCIETE NATIONALE INDUSTRIELLE AEROSPATIALE. — FR.

(72) Invention de : Jean Alain Michaud-Soret.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Cabinet Barnay,  
80, rue Saint-Lazare, 75009 Paris.

Dans la construction de pièces complexes en matériaux composites fibres-résine, on assemble les différents éléments individuels qui les composent par exemple par collage, ces éléments ayant pu à cet effet préalablement 5 subir une pré-polymérisation partielle de leur résine.

On assemble également, quand ils sont encore humides, c'est-à dire imprégnés de résine non polymérisée, des fils, rubans ou tissus, puis on polymérise le tout.

Ce dernier procédé, favorable à des liaisons de 10 bonne qualité, conduit, pour des pièces importantes, par exemple de grande longueur et/ou de forte épaisseur, à des manipulations nombreuses et délicates telles qu'en exige la mise en place d'un grand nombre de longs rubans de stratifils dont les faces sont poisseuses et collantes. Ces 15 manipulations conduisent à de très longs temps de travail et à des investissements élevés en machines de distribution de stratifils et en machines de drapage (ces dernières réalisant des empilages de nappes textiles) qui ne sont en général conçues que pour un seul type d'opération, parfois 20 pour plusieurs types, auquel cas il s'agit de machines universelles complexes et coûteuses.

Afin de remédier à ces inconvénients, la présente invention a pour but de créer un demi-produit industriel permettant de faciliter l'élaboration de pièces en matériaux 25 composites, ce demi-produit se présentant sous la forme de panneaux ou de bandes qui offrent une masse linéique ou surfacique beaucoup plus importante que les rubans de stratifils usuels, et dont la fabrication peut être entièrement mécanisée.

30 L'invention a donc pour objet un demi-produit à base de fibres préimprégnées de résine polymérisable, destiné à la fabrication de pièces en matériaux composites de formes diverses et caractérisé par le fait qu'il est constitué par au moins une couche formée d'une nappe de base plane de tissu 35 préimprégné et d'une nappe de rubans de stratifils préimprégnés disposés en rangées juxtaposées sur ledit tissu suivant une même direction longitudinale. Les rubans de stratifils procurent au demi-produit une grande résistance

longitudinale, tandis que le tissu en assure la tenue transversale. Chaque rangée peut comprendre plusieurs rubans de stratifils superposés, suivant l'épaisseur désirée.

Afin d'améliorer la tenue transversale du demi-  
5 produit, à la nappe de rubans de stratifils précitée peut être associée une autre nappe de tissu préimprégné offrant une configuration ondulée et passant alternativement dessus et dessous les rangées juxtaposées de ladite nappe de rubans. Ladite nappe de rubans de stratifils peut aussi être  
10 recouverte d'une nappe plane de tissu préimprégné sur la face opposée à la nappe de base, ce qui augmente la rigidité du demi-produit.

Lorsqu'on désire réaliser une pièce d'épaisseur relativement grande, on peut faire appel à un demi-produit  
15 constitué de plusieurs couches superposées offrant chacune une structure conforme à l'une de celles que l'on vient de spécifier. En particulier, l'empilage ordonné de couches comprenant un tissu de configuration ondulée peut avantageusement conduire à une structure alvéolaire. Plus généralement,  
20 l'orientation des rubans de stratifils des diverses nappes peut être soit identique, soit différente (par exemple suivant des directions croisées à  $45^\circ$  ou à  $90^\circ$ ). La mise en place précise de ces constituants peut être réalisée mécaniquement par des procédés connus, par exemple au moyen de batteries  
25 de dévidoirs et de rouleaux presseurs.

La résine que contient un demi-produit selon l'invention peut être non polymérisée ou seulement partiellement polymérisée. Dans ce cas, le demi-produit est soumis, après moulage, à un traitement de polymérisation aboutissant à  
30 la pièce achevée. En vue de son stockage, il convient alors de la flanquer de feuilles protectrices détachables revêtant ses deux faces, car la résine non polymérisée le rend poisseux.

La résine d'imprégnation du demi-produit peut  
35 aussi être complètement polymérisée. Il se présente alors sous la forme d'un élément de construction rigide, par exemple d'un panneau plan utilisable à la manière d'une tôle.

Les fibres composant les rubans de stratifils et le ou les tissus qu'incorpore le demi-produit sont de préférence des fibres minérales telles que des fibres de verre, de carbone, de bore ou de polyamide aromatique

5 "Kevlar". Les fibres composées des trois dernières substances, beaucoup plus onéreuses que les fibres de verre, permettent par contre d'obtenir des rapports caractéristiques mécaniques/masse plus favorables.

L'usage du demi-produit selon l'invention, qui

10 est en résumé constitué par un pré-assemblage de rubans de stratifils et d'au moins un tissu de base avec résine d'imprégnation, permet de supprimer les opérations longues et difficiles nécessaires jusqu'ici pour la mise en place de nombreux éléments préimprégnés individuels. Ce demi-

15 produit offre une manipulation aisée. Son prix de revient ne dépasse guère le prix de ses éléments constitutifs. Il peut être utilisé soit seul, soit en combinaison avec une matière massive de remplissage (structure en sandwich). Il permet de réaliser aisément, avec un notable gain de temps

20 et d'argent, les pièces les plus diverses devant présenter de hautes qualités mécaniques et éventuellement de grandes dimensions.

Dans le domaine aéronautique, de nombreuses structures, telles que des revêtements, longerons, lisses,

25 planchers, des moyeux et des pales d'hélicoptères, peuvent être réalisées à partir du demi-produit selon l'invention, ainsi que des pales d'éoliennes et, dans la construction navale, des éléments tels que "foils", dérives, gouvernails, mâts, lisses, flotteurs, coques et renforcement de coques,

30 bras de trimarans. Dans le domaine de la construction mécanique et du bâtiment, le demi-produit permet de fabriquer des poutres diverses, des profilés pour charpente, des barrières de sécurité, des toitures, des tubes d'échafaudages

ou des éléments de pont, ainsi que, dans le

35 domaine de la construction automobile, des structures et planchers pour camions, des châssis et des suspensions.

Les caractéristiques du demi-produit selon l'invention, la facilité de son utilisation et la possibilité

de le réaliser économiquement (à partir de verre E ou R par exemple) laissent entrevoir de vastes domaines d'application.

La description qui va suivre, en regard des dessins annexés à titre d'exemples non limitatifs, permettra de bien comprendre comment la présente invention peut être mise en pratique.

Les figures 1 à 3 représentent en section transversale trois formes d'exécution d'un demi-produit selon l'invention.

La figure 4 représente la tranche d'un panneau sandwich incorporant des feuilles de demi-produit conformes à la figure 2.

Un demi-produit selon l'invention comprend, dans sa forme la plus simple (figure 1), une nappe de tissu de base 1 et des rangées 2 de rubans de stratifils 3 juxtaposées sur le tissu 1 et orientées suivant une même direction longitudinale. Dans le présent exemple, chaque rangée 2 est composée de deux rubans 3 superposés.

La figure 2 montre une variante qui incorpore une autre nappe de tissu 4. Celle-ci n'est pas plane, mais ondule en passant alternativement par-dessous et par-dessus les rangées 2 de rubans 3. Elle n'empêche pas le demi-produit de pouvoir être courbé ou plié sans difficulté dans la direction longitudinale. Une troisième nappe de tissu 5 peut être en outre prévue, comme on l'a représenté dans la partie de droite de la figure 2, pour recouvrir l'ensemble des rangées 2 de rubans 3 en donnant au demi-produit une structure symétrique. Une telle nappe 5, qui est plane comme la nappe de base 1 et de nature identique ou non à cette dernière, peut aussi être prévue dans le cas de la forme d'exécution de la figure 1. Toutefois, elle augmente la rigidité du demi-produit, de sorte que la structure dissymétrique (sans nappe 5) est préférable lorsqu'on désire enrouler le demi-produit sur lui-même en vue de son stockage.

Un demi-produit conforme à la figure 1 ou 2 peut en pratique se présenter sous la forme de panneaux ou de bandes ayant par exemple une épaisseur de 2 à 2,3 mm suivant le taux d'imprégnation de résine, une largeur de

25 cm, une longueur théoriquement non limitée et une masse au mètre carré de 4 kg, soit une masse linéique de 1 kg/m, à comparer avec les faibles valeurs des caractéristiques correspondantes des éléments constitutifs (masse linéique des rubans de stratifils : quelques dizaines de g/m; masse surfacique des tissus : quelques centaines de g/m<sup>2</sup>).

Le taux d'imprégnation en résine des stratifils et des tissus, de même que la qualité de ladite résine sont choisis en fonction des caractéristiques finales demandées au demi-produit. En utilisant par exemple des résines du type époxy couramment employées dans la construction de pièces aéronautiques fortement sollicitées, l'imprégnation est effectuée à un taux d'environ 20% de résine en masse. Le demi-produit présente alors, après polymérisation, une très bonne résistance à la traction, mais il ne se conserve pas à la température ambiante et doit être stocké en chambre froide.

Pour éviter cet inconvénient, on réalise l'imprégnation avec une résine latente. En raison de ses caractéristiques propres, le taux d'imprégnation est plus important, de l'ordre de 30% en masse. Le demi-produit ainsi obtenu peut se conserver plusieurs mois à température ambiante, mais la résistance mécanique des pièces réalisées n'est pas aussi élevée.

Sur la figure 3 a été représenté un demi-produit de structure plus complexe; il est formé de la superposition de plusieurs couches 6 dont chacune correspond à la forme d'exécution de la figure 2. Quatre couches 6 sont ici empilées; elles sont agencées de manière que leur rangées 2 coïncident et que les nappes ondulées de tissu 4 forment des canaux de section hexagonale comme on le voit sur la figure, ce qui conduit à une structure dont la section rappelle un nid d'abeilles. On notera que la nappe de tissu 1 centrale correspond à elle seule aux nappes de base des deux couches 6 adjacentes. En variante, dans une telle structure, on peut omettre toute nappe de tissu plane intermédiaire.

Les fibres des nappes de tissu 1, 4 et des rubans de stratifils 3 sont des fibres minérales, par exemple des

fibres de verre, de carbone, de bore ou de Kevlar. Elles sont imprégnées de résine polymérisable. Dans l'état du demi-produit propre à l'utilisation, cette résine peut être soit non polymérisée ou partiellement polymérisée, soit  
5 complètement polymérisée. Dans le premier cas, le demi-produit se présente comme une feuille flexible et malléable, qui peut être pliée et enroulée et dont les faces quelque peu poisseuses doivent être revêtues de feuilles de protection 7, par exemple en polyéthylène, qui sont retirées  
10 au moment de la mise en oeuvre du demi-produit. Dans le second cas, le demi-produit se présente comme une feuille rigide, comparable à une tôle et non susceptible d'enroulement. Plus précisément, le demi-produit est alors commercialisable sous la forme de tôles planes ou ondulées, de  
15 tubes ou de profilés semblables aux demi-produits utilisés couramment en construction métallique, ou sous forme de feuilles de revêtement dans des panneaux de structure en sandwich.

On a représenté sur la figure 4 un exemple de  
20 panneau sandwich, comprenant deux feuilles de revêtement 8 constituées par un demi-produit du type de la figure 2 (le type de la figure 1 conviendrait aussi) doté d'une nappe 5 complémentaire, et un remplissage 9 constitué par exemple d'une mousse rigide de matière plastique. Une telle structure peut être renforcée sur chacune de ses faces par une  
25 nappe de tissu complémentaire qui lui confère une bonne rigidité. Une telle nappe de renforcement est par exemple constituée par un tissu de fibres de carbone orientée à  $\pm 45^\circ$  par rapport à la direction des rubans de stratifils.

30 On a pu constater qu'une bande de 30 mm de large tirée d'une feuille de demi-produit conforme à la figure 2 (avec une épaisseur égale à 2 mm), tractionnée directement entre mors d'une machine se rompt à 7 100 daN. Ceci correspond à une contrainte moyenne de 120 hb environ et à une  
35 contrainte dans les stratifils de l'ordre de 150 hb. La masse spécifique d'un tel produit est de l'ordre de  $2 \text{ t/m}^3$ . Une autre bande tirée dans le sens transversal se rompt pour une contrainte moyenne de l'ordre de 10 hb.

Une structure réalisée par superposition de plusieurs couches (figure 3) peut s'opposer à l'éclatement des fibres lors d'essais d'introduction de charge par un alésage et un axe traversant; elle apporte des propriétés  
5 de tenue au délaminage et à la propagation d'une déchirure.

L'orientation des fibres de chaque tissu que comporte le demi-produit par rapport aux fibres des autres nappes est quelconque. Elle est choisie pour donner le résultat optimal dans chaque cas particulier.

REVENDEICATIONS

- 1.- Demi-produit à base de fibres préimprégnées de résine polymérisable, destiné à la fabrication de pièces en matériaux composites de formes diverses, caractérisé  
5 par le fait qu'il est constitué par au moins une couche formée d'une nappe <sup>de base</sup>/plane (1) de tissu préimprégné et d'une nappe de rubans de stratifils (3) préimprégnés disposés en rangées (2) juxtaposées sur ledit tissu (1) suivant une même direction longitudinale.
- 10 2.- Demi-produit selon la revendication 1, caractérisé par le fait que chaque rangée (2) comprend plusieurs rubans de stratifils (3) superposés.
- 15 3.- Demi-produit selon la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait qu'à la nappe de rubans de stratifils (3) précitée est associée une autre nappe (4) de tissu préimprégné offrant une configuration ondulée et passant alternativement dessus et dessous les rangées (2) juxtaposées de ladite nappe de rubans.
- 20 4.- Demi-produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait que ladite nappe de rubans de stratifils (3) est recouverte d'une nappe plane (5) de tissu préimprégné sur la face opposée à la nappe de base (1).
- 25 5.- Demi-produit caractérisé par le fait qu'il est constitué de plusieurs couches (6) superposées offrant chacune une structure conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4.
- 30 6.- Demi-produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que la résine qu'il contient est non polymérisée ou partiellement polymérisée.
- 7.- Demi-produit selon la revendication 6, caractérisé par le fait qu'il est flanqué de feuilles protectrices (7) détachables revêtant ses deux faces.
- 35 8.- Demi-produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait que la résine qu'il contient est complètement polymérisée.
- 9.- Demi-produit selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé par le fait que les fibres composant les rubans de stratifils (3) et le ou les tissus

(1,4,5) qu'il incorpore sont des fibres minérales telles que des fibres de verre, de carbone, de bore ou de polyamide aromatique "Kevlar".

1/1

FIG. 1

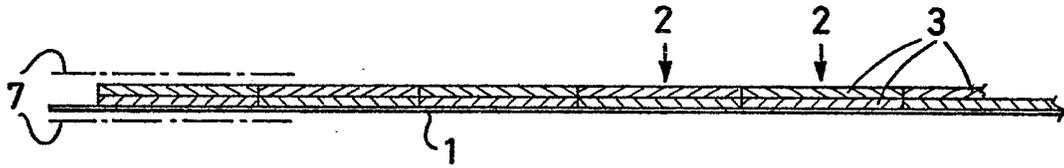


FIG. 2

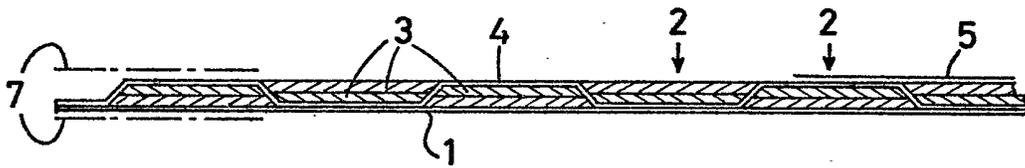


FIG. 3

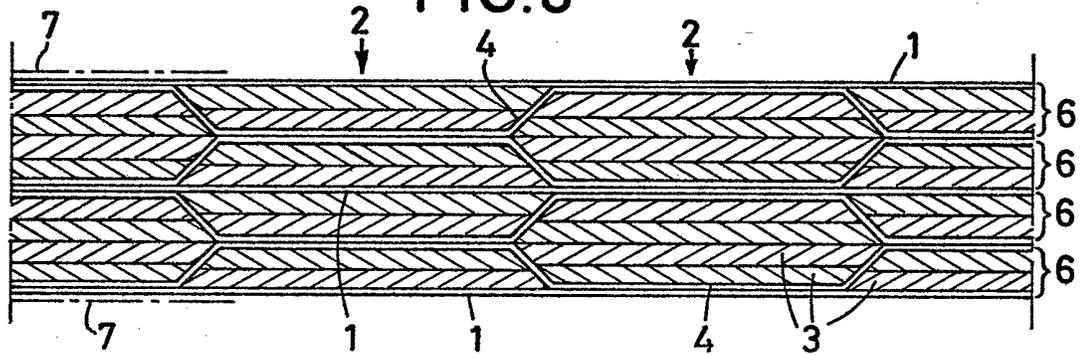


FIG. 4

