

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 856 601 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

05.08.1998 Bulletin 1998/32

(51) Int Cl.⁶: D03D 25/00, D03D 11/00

(21) Numéro de dépôt: 98400229.5

(22) Date de dépôt: 04.02.1998

(84) Etats contractants désignés:

AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE

Etats d'extension désignés:

AL LT LV MK RO SI

(30) Priorité: 04.02.1997 FR 9701200

(71) Demandeurs:

- SOCIETE NATIONALE D'ETUDE ET DE CONSTRUCTION DE MOTEURS D'AVIATION, "S.N.E.C.M.A." 75015 Paris (FR)

• C.T.M.I. COTTON TEXTILES POUR MATERIAUX INNOVANTS

38840 La Sone (FR)

(72) Inventeurs:

- Billaut, François 75014 - Paris (FR)
- David, Laurent Jean Pierre 91250 - Saint Germain Les Corbeil (FR)
- Dessinges, Jean Pierre Marie 69550 - Cublizes (FR)

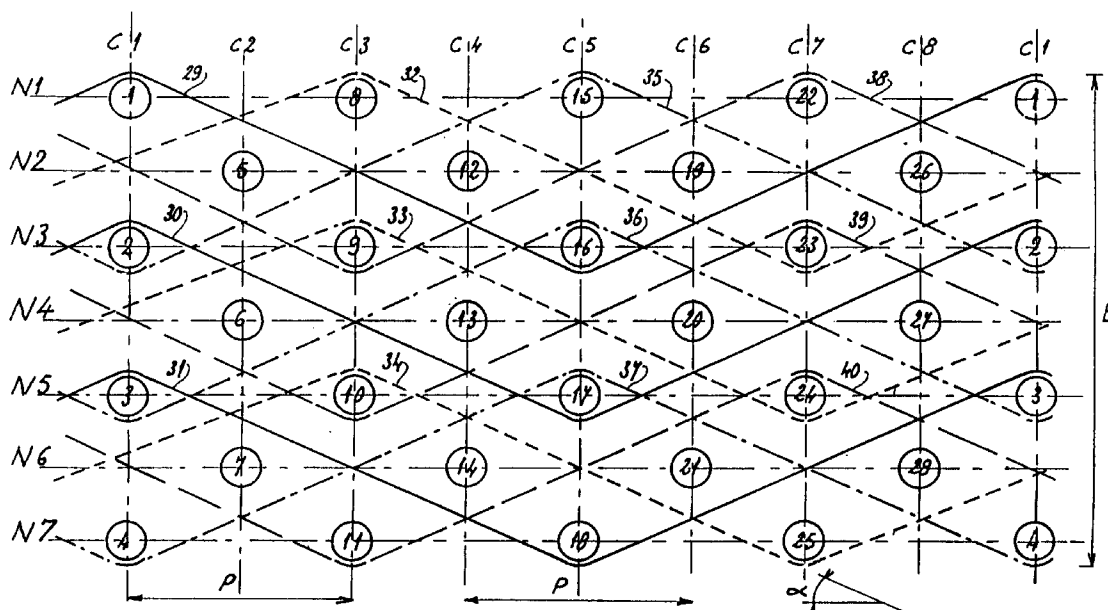
(54) Texture multicouche liée pour matériaux composites structuraux

(57) L'armure de base comprend d'une part vingt-huit fils de trame (1 à 28), répartis en huit colonnes (C1 à C8) alternativement de quatre fils et de trois fils superposés, avec disposition en quinconce sur sept niveaux (N1 à N7), et d'autre part douze fils de chaîne (29 à 40), disposés sur quatre plans parallèles contenant, chacun, trois fils de trame parallèles superposés. Dans

chaque plan, des fils de chaînes relient les fils de trame extrêmes supérieurs (1, 8, 15, 22) aux fils de trame intermédiaires, et les fils de trame intermédiaires aux fils de trame extrêmes inférieurs (4, 11, 18, 25).

Application à la réalisation de pièces en matériaux composites fortement sollicitées et/ou soumises aux impacts.

FIG 1



EP 0 856 601 A1

Description

La présente invention concerne une armure textile optimisée, du genre texture multicouche liée, susceptible d'être utilisée dans la réalisation de pièces en matériaux composites fortement sollicitées et/ou soumises aux impacts. A titre d'exemples de pièces réalisables à partir de textures selon l'invention, on peut citer les aubes de soufflantes à large corde pour moteurs d'avions civils, les bras de carter structuraux pour moteurs d'avions civils ou militaires, les bords d'attaque ou les panneaux autoraidis d'aéronefs.

L'invention a donc pour objet une texture fibreuse, constituant une préforme textile pour la réalisation de telles pièces, qui peut être préimprégnée ou imprégnée par voie liquide, par exemple par le procédé d'injection "RTM" (Resin Transfer Moulding), ou par voie gazeuse. Pour ce faire, la préforme textile doit satisfaire à un certain nombre de critères ou conditions :

- Utilisation de fibres à très hautes performances mécaniques, mais a priori fragiles au tissage, par exemple des fibres de carbone à haut module.
- Utilisation de fibres de titrage inhabituel et élevé en carbone, par exemple de 48 ou 96 kilofilaments, voire plus.
- Taux de liaison optimum dans le sens de l'épaisseur de la texture.
- Possibilités de réalisation de matériaux composites à fort taux de remplissage volumique de fibres, notamment un taux supérieur à 57% pour des matériaux composites structuraux.
- Linéarité des fils de trame de la texture.
- Angle de liaison faible (notamment inférieur à 15° des fils de chaîne avec les fils de trame, et possibilité de déséquilibrer le tissage afin de compenser la non-linéarité des fils de chaîne et d'ajuster les propriétés dans le plan de la texture (par exemple avec une proportion de 70% de fils de chaîne et 30% de fils de trame).
- Possibilité d'inverser le tissage déséquilibré (par rotation de l'armure de 90°) afin d'améliorer la linéarité.
- Obtention d'une texture liée ayant une grande aptitude à la déformation.

Les structures textiles dites "1D" et "2D", selon que leurs fibres s'étendent dans une seule direction ou dans deux directions distinctes, ne satisfont pas, à l'évidence, aux contraintes indiquées ci-dessus. Les structures multicouches dites "3D" (avec fibres disposées suivant trois directions de l'espace) peuvent se rapprocher, de façon partielle, des objectifs visés dans le champ d'application de l'invention. Quant aux structures multicouches à plus de trois directions de fibres ("4D", "5D", "9D", "11D"), ces dernières ne peuvent être exploitées de manière industrielle, du fait notamment de l'extrême complexité de leur réalisation par des procédés auto-

matissables.

On revient ici, plus en détail, sur le cas des structures multicouches du type "3D".

Parmi ces structures, on connaît les textures multicouches "3D" liées par des coutures, qui respectent parfaitement la linéarité des fils de chaîne et qui présentent l'intérêt de comporter des fils de renforcement selon d'autres angles. Toutefois, ce mode de liage ne permet pas de conférer, aux matériaux composites obtenus, une bonne résistance à l'impact.

On connaît aussi les textures multicouches "3D" liées par tissage, en particulier la texture "3D orthogonal" qui est l'armure présentant la meilleure linéarité des fils de chaîne et de trame, et qui résiste bien en compression. Toutefois, pour obtenir ici le taux volumique de fibres désiré, la texture "3D" est comprimée de telle sorte que les fils disposés suivant la troisième direction, n'étant pas linéaires mais plutôt ondulés, ne participent pas aux transmissions d'efforts.

Les textures multicouches "3D non orthogonal", bien que plus adaptées, présentent l'inconvénient de comporter des angles de liage trop élevés, ce qui est le cas des armures simples, du genre taffetas multicouche, satin multicouche ou sergé multicouche, et aussi des armures plus élaborées, telles que celle connue sous la désignation "3X".

La texture particulière de type "3D non orthogonal" aussi dite "2,5D", décrite dans le document FR-A-2610951, est l'armure connue à ce jour la plus optimisée, présentant un faible foisonnement et un fort pourcentage de surface occupée, toutefois avec une linéarité faible. Cependant la définition restrictive de cette texture lui confère des singularités angulaires préjudiciables à la résistance aux impacts, et limite les définitions textiles inversables (par rotation à 90° de l'armure) à des contextures faibles, à moins d'adjoindre un nombre élevé de couches supplémentaires, préjudiciable à l'automatisation industrielle.

La présente invention a pour but de remédier à ces inconvénients, et par conséquent de fournir une texture nouvelle, possédant toutes les propriétés souhaitables précédemment envisagées, tout en optimisant les transferts d'efforts et la résistance à la compression, cette texture restant réalisable par des techniques de tissage industrielles connues et/ou aisément adaptables par l'homme du métier.

A cet effet, l'invention a pour objet une texture multicouche liée pour matériaux composites structuraux, dont l'armure de base est constituée, d'une part, par au moins vingt-huit fils de trame répartis en au moins huit colonnes s'étendant chacune dans le sens de l'épaisseur de la texture, et disposés en quinconce avec une alternance de colonnes d'au moins trois fils de trame superposés, séparées par un pas déterminé, et de colonnes d'au moins quatre fils de trame superposés séparées par le même pas, les fils de trame étant ainsi disposés sur au moins sept niveaux, et d'autre part, par au moins douze fils de chaîne disposés sur au moins

quatre plans parallèles, chaque plan contenant au moins trois fils de chaîne parallèles superposés, avec :

- un premier fil de chaîne reliant le fil de trame extrême supérieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame, à un fil de trame intermédiaire supérieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par au moins deux pas, et revenant sur un fil de trame extrême supérieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas,
- au moins un autre fil de chaîne reliant un fil de trame intermédiaire supérieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame, à un fil de trame intermédiaire inférieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par au moins deux pas, et revenant sur le fil de trame intermédiaire supérieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas,
- un troisième ou dernier fil de chaîne reliant un fil de trame intermédiaire inférieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame, au fil de trame extrême inférieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par au moins deux pas, et revenant sur un fil de trame intermédiaire inférieur d'une colonne d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas,

les positions des fils de chaîne parallèles étant décalées longitudinalement d'un pas, d'un plan à un autre.

On obtient, selon cette définition, une structure multicouche à taux de liaison élevé procurant une amélioration surprenante de la résistance au délaminage, d'où notamment une grande résistance à l'impact, tout en conservant une déformabilité suffisante pour les applications envisagées, l'imbrication en quinconce des fils de trame permettant, pour une contexture donnée, de réduire l'angle de liaison des fils de chaîne et d'éviter les singularités angulaires sur ces fils.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui suit, en référence au dessin schématique annexé représentant, à titre d'exemple, une forme d'exécution de cette texture multicouche liée pour matériaux composites structuraux :

Figure 1 est une vue d'ensemble très schématique, en coupe, d'une texture multicouche liée conforme à la présente invention ;

Figure 2 représente en coupe, plus en détail, les fils de chaîne contenus dans un premier plan ;

Figures 3, 4 et 5 sont des vues similaires à figure 2, montrant les fils de chaîne contenus respectivement dans un deuxième plan, un troisième plan et un quatrième plan.

Les figures montrent l'armure de base d'une structure conforme à la présente invention. Cette armure de

base comprend vingt-huit fils de trame, disposées en quinconce sur sept niveaux successifs N1 à N7, et répartis en huit colonnes C1 à C8, soit :

- 5 - une première colonne C1 de quatre fils de trame superposés 1, 2, 3, 4, situés respectivement aux niveaux N1, N3, N5, N7,
- une deuxième colonne C2 de trois fils de trame superposés 5, 6, 7, situés respectivement aux niveaux N2, N4, N6 ;
- 10 - une troisième colonne C3 de quatre fils de trame superposés 8, 9, 10, 11, situés respectivement aux niveaux N1, N3, N5, N7 ;
- une quatrième colonne C4 de trois fils de trame superposés 12, 13, 14, situés respectivement aux niveaux N2, N4, N6 ;
- 15 - une cinquième colonne C5 de quatre fils de trame superposés 15, 16, 17, 18, situés respectivement aux niveaux N1, N3, N5, N7 ;
- 20 - une sixième colonne C6 de trois fils de trame superposés 19, 20, 21, situés respectivement aux niveaux N2, N4, N6 ;
- une septième colonne C7 de quatre fils de trame superposés 22, 23, 24, 25, situés respectivement aux niveaux N1, N3, N5, N7 ;
- 25 - une huitième colonne C8 de trois fils de trame superposés 26, 27, 28, situés respectivement aux niveaux N2, N4, N6.

30 Les colonnes C1, C3, C5, C7 formées de quatre fils de trame superposés sont séparées les unes des autres par des intervalles constants, correspondant à un pas P déterminé. Le même pas P sépare les colonnes C2, C4, C6, C8 formées de trois fils de trame superposés, qui s'intercalent entre les précédentes. Le motif de base, précédemment décrit, se répète bien évidemment, dans le sens longitudinal (sens des fils de chaîne).

Les fils de trame 1 à 28 sont liés entre eux par des fils de chaîne, au nombre de douze dans l'armure de base, qui sont disposés sur quatre plans parallèles P1, P2, P3, P4. La figure 1 montre très schématiquement l'ensemble des fils de chaîne, tandis que les figures 2 à 5 représentent séparément, pour plus de clarté, les fils de chaîne des différents plans P1 à P4. Chacun de ces plans contient trois fils de chaîne parallèles, superposés, la disposition étant la suivante dans le détail :

Dans le plan P1 (figure 2), un premier fil de chaîne 29 relie le fil de trame extrême supérieur 1 de la colonne C1 au fil de trame intermédiaire supérieur 16 de la colonne C5, et il revient sur le fil de trame extrême supérieur correspondant au fil 1, dans le motif de base suivant. Un deuxième fil de chaîne 30 relie le fil de trame intermédiaire supérieur 2 de la colonne C1 au fil de trame intermédiaire inférieur 17 de la colonne C5, et il revient sur le fil de trame intermédiaire supérieur correspondant au fil 2, dans le motif de base suivant. Un troisième fil de chaîne 31 relie le fil de trame intermédiaire inférieur 3 de la colonne C1 au fil de trame extrême in-

férier 18 de la colonne C5, et il revient sur le fil de trame intermédiaire inférieur correspondant au fil 3, dans le motif de base suivant.

Dans le plan P2 (figure 3), un premier fil de chaîne 32 relie le fil de trame extrême supérieur 8 de la colonne C3 au fil de trame intermédiaire supérieur 23 de la colonne C7, et il revient sur le fil de trame extrême supérieur correspondant au fil 8, dans le motif de base suivant. Un deuxième fil de chaîne 33 relie le fil de trame intermédiaire supérieur 9 de la colonne C3 au fil de trame intermédiaire inférieur 24 de la colonne C7, et il revient sur le fil de trame intermédiaire supérieur correspondant au fil 9, dans le motif de base suivant. Un troisième fil de chaîne 34 relie le fil de trame intermédiaire inférieur 10 de la colonne C3 au fil de trame extrême inférieur 25 de la colonne C7, et il revient sur le fil de trame intermédiaire inférieur correspondant au fil 10, dans le motif de base suivant.

Dans le plan P3 (figure 4), un premier fil de chaîne 35 relie le fil de trame extrême supérieur 15 de la colonne C5 au fil de trame intermédiaire supérieur 2 de la colonne C1, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame extrême supérieur correspondant au fil 15, dans le motif de base suivant. Un deuxième fil de chaîne 36 relie le fil de trame intermédiaire supérieur 16 de la colonne C5 au fil de trame intermédiaire inférieur 3 de la colonne C1, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame intermédiaire supérieur correspondant au fil 15, dans le motif de base suivant. Un troisième fil de chaîne 37 relie le fil de trame intermédiaire inférieur 17 de la colonne C5 au fil de trame extrême inférieur 4 de la colonne C1, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame intermédiaire inférieur correspondant au fil 17, dans le motif de base suivant.

Enfin, dans le plan P4 (figure 5), un premier fil de chaîne 38 relie le fil de trame extrême supérieur 22 de la colonne C7 au fil de trame intermédiaire supérieur 9 de la colonne C3, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame extrême supérieur correspondant au fil 22, dans le motif de base suivant. Un deuxième fil de chaîne 39 relie le fil de trame intermédiaire supérieur 23 de la colonne C7 au fil de trame intermédiaire inférieur 10 de la colonne C3, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame intermédiaire supérieur correspondant au fil 23, dans le motif de base suivant. Un troisième et dernier fil de chaîne 40 relie le fil de trame intermédiaire inférieur 24 de la colonne C7 au fil de trame extrême inférieur 11 de la colonne C3, dans le motif de base suivant, et il revient sur le fil de trame intermédiaire inférieur correspondant au fil 24, dans le motif de base suivant.

Il peut être noté que, d'un plan à un autre, on retrouve la même configuration de trois fils de chaîne parallèles, simplement décalée longitudinalement de la valeur du pas P précédemment défini.

Bien entendu, cette configuration de base définie sur quatre plans peut se répéter indéfiniment, dans le

sens transversal, les différents fils de chaîne 29 à 40 formant ainsi des nappes.

On obtient dans l'ensemble une texture multicouche liée, qui peut s'étendre de façon indéfinie dans son plan, par répétition du même motif de base.

A titre d'exemple de matériau réalisé conformément à cette texture, on peut citer un matériau fabriqué à partir de fibres de carbone à haute résistance, de densité égale à 1,81, avec sept niveaux de fils de trame tels que représentés au dessin, qui après densification par le procédé "RTM" précité possède une épaisseur E de 7mm, tandis que la valeur du pas P est égale à 10,9mm (correspondant à une contexture en trame de 91,5 fils/m), l'angle de liaison moyen α des fils de chaîne étant de 10,4°. Le taux volumique de fibres est de 60%, et le pourcentage de fils de chaîne (rapporté aux fils de trame) est de 70%. La masse surfacique totale du tissu est de 7602 g/m², la masse surfacique en trame étant de 2280 g/m² (répartie en sept niveaux de trame, soit 326 g/m² pour chaque niveau de trame). Cette texture réalisée avec des fibres de carbone présentant intrinsèquement les propriétés mécaniques suivantes :

$$E = 290 \text{ GPa}$$

$\sigma = 5000 \text{ MPa}$ permet d'obtenir, avec une résine époxyde à hautes performances, un matériau composite présentant les propriétés mécaniques suivantes :

E chaîne (traction)	> 100 GPa
E trame (traction)	> 60 GPa
σ chaîne (traction)	> 1000 MPa
σ chaîne (compression)	> 500 MPa
σ trame (traction)	> 800 MPa
σ trame (compression)	> 400 MPa
Ténacité (G_{1c})	> 2500 J/m ²

En particulier, cette dernière valeur de 2500 J/m², représentant l'énergie de propagation, est à comparer avec les valeurs obtenues dans le cas des textures appartenant à l'état de la technique, soit :

- 1000 J/m² par une structure "3D orthogonal"
- 1500 J/m² pour une structure "3X"
- 2500 J/m² pour une structure "2,5D"

On notera aussi que la résistance à la compression de la structure "2,5D" est de 300 MPa, à comparer avec la valeur de 500 MPa obtenue avec la texture de l'invention.

La texture multicouche liée, objet de l'invention peut être utilisée pour la réalisation d'une aube de soufflante à large corde en matériau composite pour moteur d'avion.

Comme il va de soi, l'invention ne se limite pas à la seule forme d'exécution de cette texture multicouche liée, qui a été décrite ci-dessus à titre d'exemple ; elle embrasse, au contraire, toutes les variantes de réalisation et d'application respectant le même principe.

C'est ainsi, notamment, que l'armure de base précédemment décrite peut être complétée, dans le sens de l'épaisseur, par adjonction de paires de niveaux de fils de trame et, dans le sens longitudinal (sens des fils de chaîne), par adjonction de colonnes de fils de trame, sans pour autant s'éloigner du principe de l'invention. Dans le même ordre d'idées, cette texture est réalisable non seulement en fibres de carbone, mais aussi en fibres de verre, d'aramide, de silice ou de céramique. Cette texture multicouche liée n'est pas limitée, dans ses applications, aux aubes de soufflante ou autres pièces de moteurs d'avions. Enfin, la texture multicouche liée objet de la présente invention peut être transformée non seulement par le procédé "RTM", mais encore par toute autre technique appropriée, pour parvenir aux matériaux composites structuraux à obtenir finalement à partir de cette texture.

Revendications

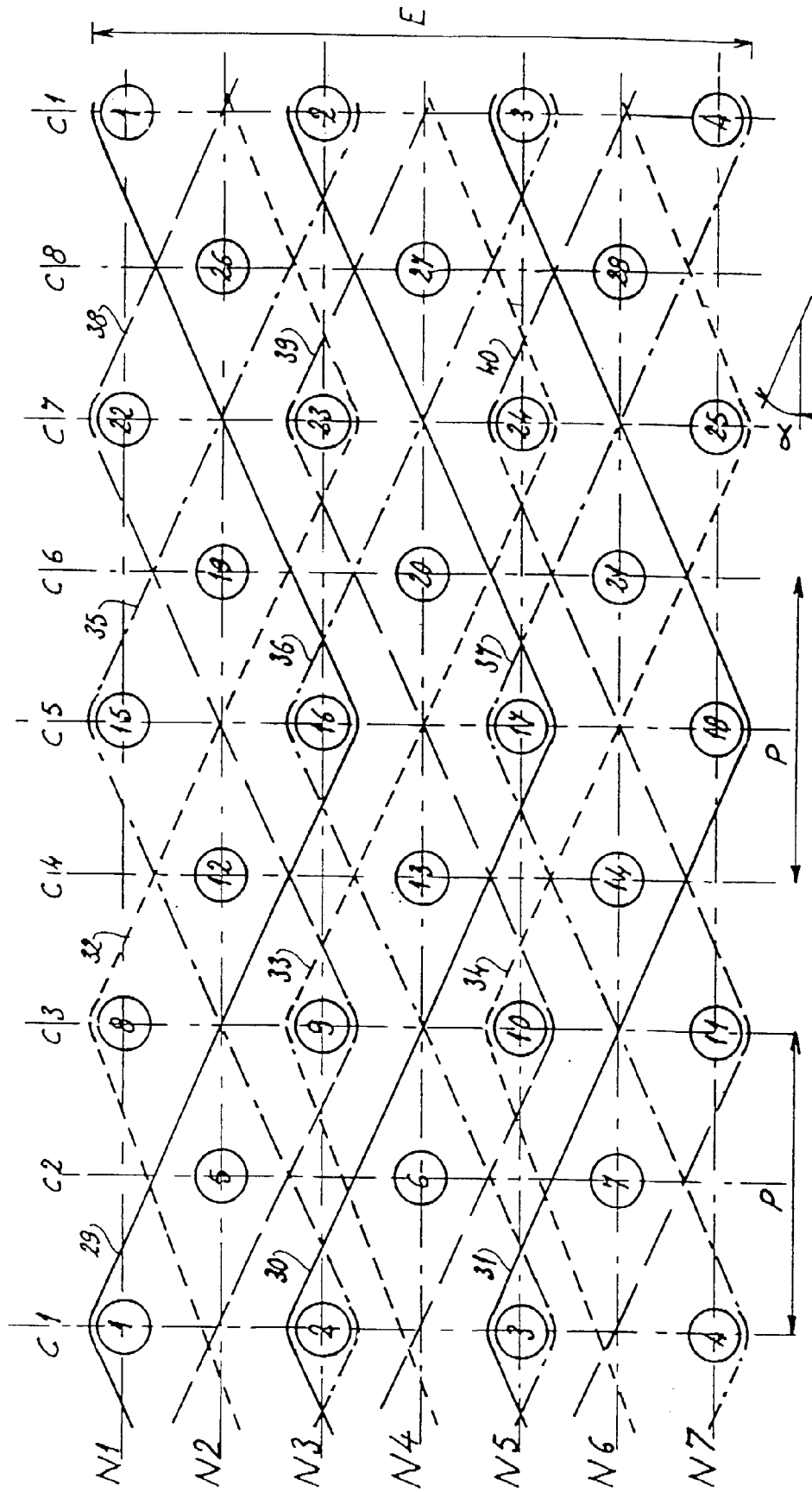
1. Texture multicouche liée pour matériaux composites structuraux, caractérisée en ce que son armure de base est constituée, d'une part, par au moins vingt-huit fils de trame (1 à 28) répartis en au moins huit colonnes (C1 à C8) s'étendant chacune dans le sens de l'épaisseur (E) de la texture, et disposés en quinconce avec une alternance de colonnes (C2, C4, C6, C8) d'au moins trois fils de trame superposés séparées par un pas (P) déterminé, et de colonnes (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame superposés, séparées par le même pas (P), les fils de trame (1 à 28) étant ainsi disposés sur au moins sept niveaux (N1 à N7), et d'autre part, par au moins douze fils de chaîne (29 à 40) disposés sur au moins quatre plans parallèles (P1, P2, P3, P4), chaque plan contenant au moins trois fils de chaîne parallèles superposés, avec :
 - un premier fil de chaîne (29, 32, 35, 38) reliant le fil de trame extrême supérieur (1, 8, 15, 22) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame, à un fil de trame intermédiaire supérieur (16, 23, 2, 9) d'une colonne (C5, C7, C1, C3) d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par au moins deux pas (P), et revenant sur un fil de trame extrême supérieur (1, 8, 15, 22) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas (P),
 - au moins un autre fil de chaîne (30, 33, 36, 39) reliant un fil de trame intermédiaire supérieur (2, 9, 16, 23) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame, à un fil de trame intermédiaire inférieur (17, 24, 3, 10) d'une colonne (C5, C7, C1, C3) d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par un moins deux pas (P), et revenant sur un fil de

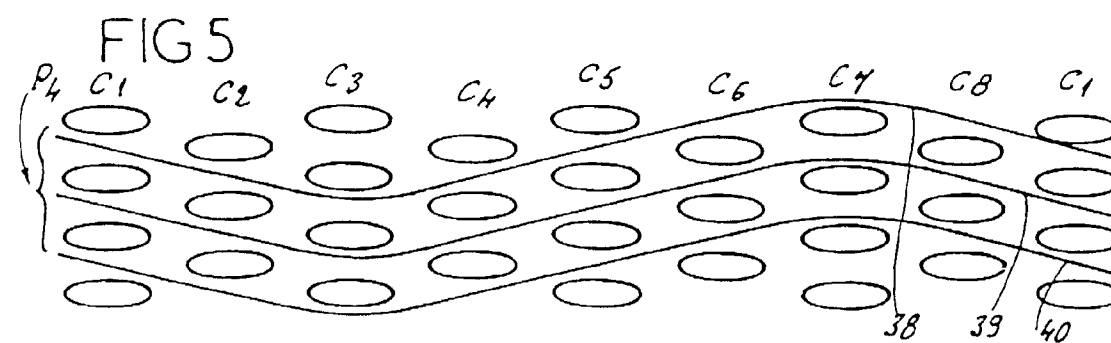
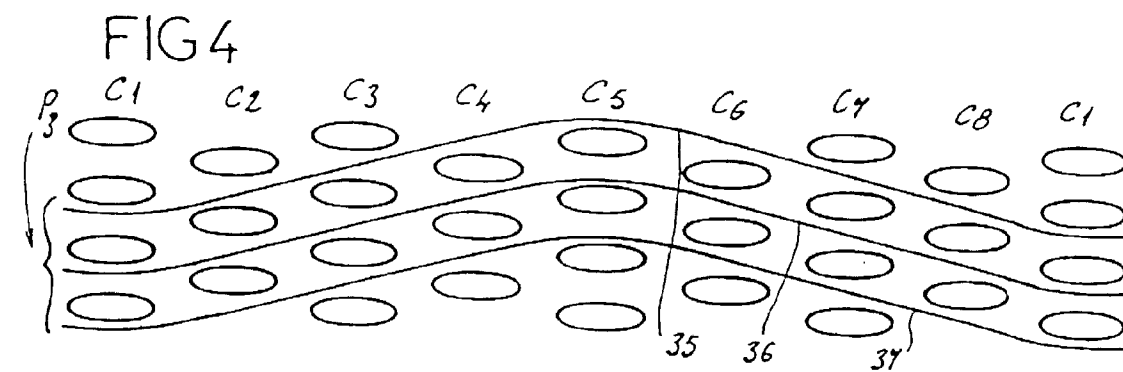
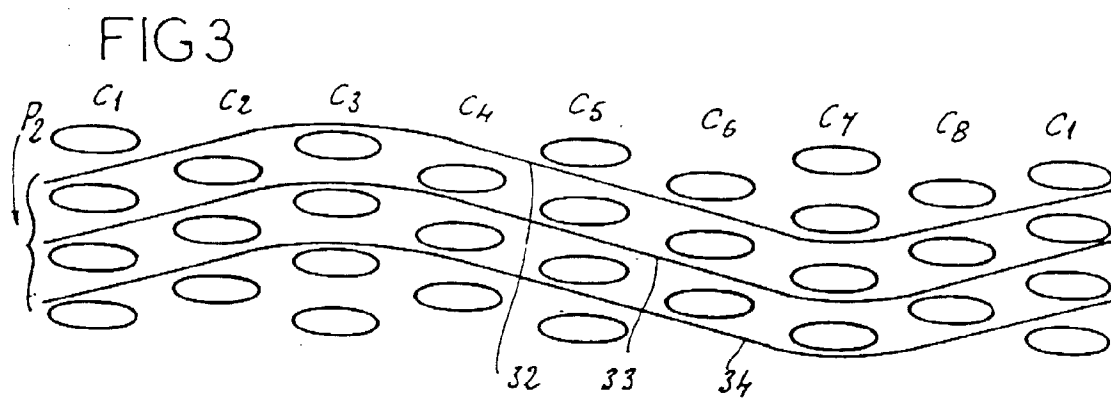
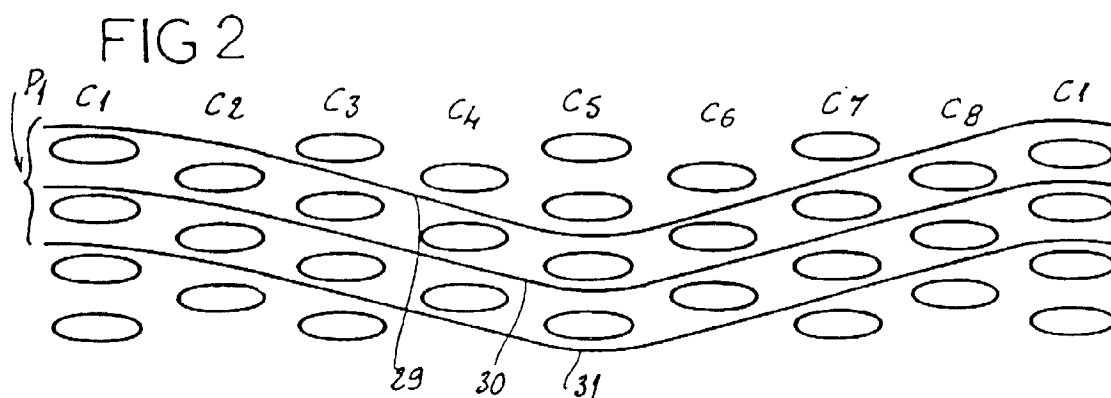
trame intermédiaire supérieur (2, 9, 16, 23) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas (P),

- un troisième ou dernier fil de chaîne (31, 34, 37, 40) reliant un fil de trame intermédiaire inférieur (3, 10, 17, 24) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame, au fil de trame extrême inférieur (18, 25, 4, 11) d'une colonne (C5, C7, C1, C3) d'au moins quatre fils de trame espacée de la précédente par au moins deux pas (P), et revenant sur un fil de trame intermédiaire inférieur (3, 10, 17, 24) d'une colonne (C1, C3, C5, C7) d'au moins quatre fils de trame espacée de la première par au moins quatre pas (P),

les positions des fils de chaîne parallèles (29,30,31 ; 32,33,34 ; 35,36,37 ; 38,39,40) étant décalées longitudinalement d'un pas (P), d'un plan à un autre.

FIG 1







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 98 40 0229

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
A	US 4 922 969 A (CAMPMAN) * figures 2-9 *	1	D03D25/00 D03D11/00
A	US 4 174 739 A (RASERO) * figure 8 *	1	
A	EP 0 439 274 A (SCAPA) * abrégé * * figure 1 *	1	
A,D	FR 2 610 951 A (AEROSPATIALE) * le document en entier *	1	
A	EP 0 570 318 A (AEROSPATIALE)		
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
			D03D
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
LA HAYE		7 avril 1998	Boutelegier, C
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES 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 T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03 92 (P04C02)