



(11) **EP 2 153 159 B9**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN CORRIGE**

(15) Information de correction:

Version corrigée no 1 (W1 B1)

Corrections, voir

Description Paragraphe(s) 12, 15

(51) Int Cl.:

F41H 5/04 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/FR2008/051009

(48) Corrigendum publié le:

06.04.2011 Bulletin 2011/14

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2008/152337 (18.12.2008 Gazette 2008/51)

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:

08.12.2010 Bulletin 2010/49

(21) Numéro de dépôt: **08805945.6**

(22) Date de dépôt: **05.06.2008**

(54) **PROCÉDÉ DE FABRICATION D'UN MATÉRIAU COMPOSITE, NOTAMMENT POUR LA PROTECTION BALISTIQUE, ET MATÉRIAU COMPOSITE OBTENU**

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES VERBUNDSTOFFES, INSBESONDERE EINES KUGELSICHEREN VERBUNDSTOFFES, UND DAMIT ERHALTER VERBUNDSTOFF

METHOD OF MANUFACTURING A COMPOSITE, ESPECIALLY A BULLETPROOF COMPOSITE, AND COMPOSITE OBTAINED

(84) Etats contractants désignés:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT RO SE SI SK TR

• **BEGUS, Virginie**
F-91660 Méréville (FR)

(30) Priorité: **06.06.2007 FR 0755511**

(43) Date de publication de la demande:

17.02.2010 Bulletin 2010/07

(74) Mandataire: **Cochonneau, Olivier**
Cabinet Beau de Loménie
Immeuble Eurocentre (Euralille)
179 Boulevard de Turin
59777 Lille (FR)

(73) Titulaire: **Ensaït**

59100 Roubaix (FR)

(56) Documents cités:

EP-A- 0 424 216 WO-A-00/48821
WO-A-98/46422 GB-A- 2 253 420
US-A- 5 635 288

(72) Inventeurs:

• **BOUSSU, François**
59170 Croix (FR)

EP 2 153 159 B9

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] La présente invention est dans le domaine technique des matériaux composites pour des applications structurantes, et plus particulièrement pour la protection balistique.

[0002] En balistique, on distingue deux types d'impact, l'impact faible énergie et l'impact haute énergie. L'énergie cinétique développée par un projectile donné est déterminée par la relation suivante : $E_c = \frac{1}{2} m v^2$ (Joules) où m et v correspondent respectivement à la masse en Kg et à la vitesse en m/s dudit projectile.

[0003] L'impact faible énergie correspond aux impacts provoqués par des munitions d'armes de poing et de fusil de chasse utilisant des balles à noyau mou non perforant, dont les calibres s'étendent environ de 0,22 pouces à 0,44 pouces. Les structures principalement utilisées contre ce type d'impact sont appelées protections souples. Elles sont construites d'une succession de couches de tissus, UD (UniDirectionnelle) ou encore de nontissés liés par des coutures en forme de damier, losange ou croix.

[0004] L'impact haute énergie correspond aux impacts provoqués par des munitions d'armes de guerre, telle que des fusils d'assaut type Famas et Kalashnikov (calibre 5.56 mm, 7.62 mm, ...) ou encore les mitrailleuses lourdes (calibre 12.7 mm) équipant les avions, les chars,.... Les balles dites « perforantes » présentent une ogive interne en métal très dur et très dense (tungstène, acier durci par exemples). La protection balistique visant les munitions d'armes de guerre et perforantes nécessite l'emploi de protections dures de deux types : le blindage monocouche consistant en un matériau composite seul et le blindage bicouche consistant en un composite associés avec une plaque en céramique ou en composite et une plaque en acier. Les céramiques sont utilisées dans le domaine de la protection balistique pour leur faible masse surfacique comparée à celle des plaques métalliques et leur grande dureté. La face de la plaque céramique exposée à un impact tend à fragmenter les munitions à noyau dur des balles perforantes et réduit l'énergie cinétique liée à cet impact. Dans ce cas, le matériau composite absorbe l'énergie cinétique par la déformation de sa structure fibreuse, soit son renfort, et intercepte les fragments.

[0005] Les projectiles considérés peuvent être des balles, des roquettes ou encore des fragments de ces derniers. Il existe une multitude de projectiles (balles blindées, perforantes, expansives,...) qui se différencient par leur masse, forme (ogive, sphérique,...), le matériau les constituant (plomb, acier durci,...) et notamment leur vitesse d'impact.

[0006] Dans l'état de la technique, les matériaux composites pour la protection balistique, et notamment en protection des impacts de haute énergie, sont formés de la superposition de couches textiles (tricot, tissu, nontissé, renfort Uni Directionnel, « Non Crimp Fabric » ou NCF correspondant à des tissus sans embuvage) avec

éventuellement des couches inorganiques, noyées dans une matrice, telle qu'une résine époxy.

[0007] La matrice dans ces matériaux est incorporée par voie liquide, par exemple par le procédé « RTM » (Resin Transfer Moulding), ou par voie gazeuse. Les renforts textiles utilisés peuvent également être pré-imprégnés, on parle alors de prepegs.

[0008] Dans le cas de textiles en deux dimensions, lors d'un impact, l'onde de choc se propage dans les fils par couplage aux points de croisure, c'est-à-dire aux points de croisement entre les fils. L'énergie est alors dissipée dans plus de fils et donc sur une plus grande surface. Néanmoins, aux points de croisure les ondes sont réfléchies et se superposent provoquant l'allongement des fils formant le renfort textile jusqu'à leur rupture. Les structures textiles en deux dimensions ont une perte de charge suite à un impact due au liage.

[0009] Ainsi, les renforts textiles des matériaux composites sont orientés dans une seule direction afin d'éliminer les points de croisure. Il s'agit des renforts unidirectionnels dans lesquelles les fibres longues, disposées parallèlement les unes aux autres et dans un même plan, sont noyées dans une matrice. Il est possible également d'orienter les couches les unes par rapport aux autres selon des angles différents (0° , 45° , 90° ,...) afin d'améliorer la répartition et le transfert de l'énergie dans le composite. Pour des raisons d'industrialisation, les plis d'UD proposés dans les composites sur le marché sont orientés à $0^\circ/90^\circ$.

[0010] On connaît les documents FR 2.610.951 et FR 2.819.804 décrivant des renforts tissés intermédiaires entre un renfort 2D (les fibres sont orientées dans deux directions) et 3D (les fibres sont orientées dans trois directions) appelés par l'homme du métier « 2,5D ». Les armatures ou renforts fibreux 2,5D obtenus sont appropriés pour la réalisation de structures minces équivalents à un empilement 2D, et présentant une excellente résistance au délaminage comme un 3D.

[0011] On connaît également un composite dont le renfort textile comprend des plis de tissus obtenus selon une technique de tissage orthogonale développée par la société 3Tex® et décrite dans EP 1.386.028 B1. Cette technique de tissage permet d'atténuer le délaminage observé dans les composites laminés de plis 2D ou UD, et de réduire le nombre de plis nécessaires.

[0012] Le document EP 0424216 A décrit un procédé de fabrication d'un matériau composite faisant partie de l'état de la technique au regard de la présente invention.

[0013] La résistance au délaminage est primordiale pour les matériaux de blindage, notamment dans le cas de tirs multi impacts puisque l'intégrité de leur structure est menacée. Cependant, le délaminage des matériaux de blindage suite à un impact ne doit pas être éliminé. En effet, un délaminage contrôlé favorise l'absorption de l'énergie cinétique due à un impact.

[0014] La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un matériau composite permettant l'obtention d'un matériau composite ayant un comportement

au délaminage amélioré, une masse surfacique plus faible que la masse surfacique des composites sur le marché à performances équivalentes, moins onéreux et plus simples à fabriquer.

[0015] La présente invention a pour objet un procédé de fabrication d'un matériau composite, comprenant un renfort textile et une matrice polymère, pour la protection balistique, selon la revendication 1.

[0016] Par tissage en 2,5D, on désigne la technique de tissage permettant l'obtention de tissus appelés « warp interlock » ou 2,5D, pouvant être réalisée sur un métier à tisser conventionnel et permettant d'introduire des fils dans l'épaisseur d'un tissu multi-couches. Le tissu warp interlock se présente sous la forme d'un tissu multi-couches dont la liaison entre les couches superposées est assurée par les fils de chaîne. La technique de tissage utilisée est celle du tissage multichaînes sur un métier chaîne et trame au cours duquel l'ouverture de la foule est unidirectionnelle contrairement au tissage en 3 dimensions. Les tissus interlocks peuvent être tissés sur tous types de métiers à tisser adaptés pour recevoir les couches de fils de chaîne nécessaires à la fabrication desdits tissus. Le nombre de couches de fils de chaîne est fonction du nombre de lames disponibles sur le métier et du raccord en largeur de l'armure choisie. Les tissus 2,5D sont adaptés pour la fabrication de structures minces car il n'y a pas de cavités inter-couches tel que dans un tissu en trois dimensions (3D). Cette disposition permet d'optimiser la quantité de matrice polymère et favorise l'obtention de matériaux composites léger.

[0017] Un tissu 2,5D est un tissu multicouches comportant au moins trois couches ou plis.

[0018] La température T_0 du traitement thermique est de préférence comprise entre la température de fusion des seconds fils T_{f2} et la température de fusion des premiers fils T_{f1} , T_{f1} étant supérieure à T_{f2} , de sorte que les premiers fils ne soient pas altérés.

[0019] Avantagusement, les seconds fils peuvent être insérés en chaîne ou en trame, et ce sur toute l'épaisseur, la laize et la longueur du tissu interlock, de sorte qu'au cours dudit traitement thermique le polymère fondu résultant desdits seconds fils imprègnent à coeur lesdits premiers fils, et ce malgré l'épaisseur parfois importante du tissu interlock. Lesdits premiers fils sont imprégnés à coeur et en surface de la matrice polymère.

[0020] Avantagusement, par tissage de deux groupes de fils distincts, il est aisé d'ajuster la quantité et la disposition des seconds fils dans le tissu 2,5D en sorte d'optimiser le poids de la matrice polymère finale dans ledit matériau composite et la qualité de l'imprégnation à coeur des premiers fils.

[0021] L'armure sélectionnée, le nombre de couches du tissu interlock et la nature des seconds fils sont déterminés en fonction de l'application du matériau composite.

[0022] Les seconds fils peuvent être des fils multi-composants, guipés, des filés de fibres et/ou des fils multifilamentaires.

[0023] Les premiers fils sont de préférence des monofilaments ou des fils multi-filamentaires dans un polymère hautes performances.

[0024] L'incorporation de la matrice polymère sous forme de fils thermofusibles au cours de l'étape de tissage supprime l'étape d'incorporation de la matrice par voie liquide ou gazeuse subséquente à l'étape de formation du renfort textile dans l'état de la technique. De plus, la qualité de l'imprégnation n'étant pas avec ces techniques satisfaisante pour des matériaux composites d'épaisseur importante, de l'ordre par exemple de 20-25 mm pour les matériaux composites formant la couche arrière des ensembles composites pour le blindage, plusieurs plis textiles sont alors imprégnés individuellement puis collés ensemble. Dans le procédé de fabrication selon la présente invention, le tissage en 2,5D permettant l'obtention d'un tissu interlock ayant une épaisseur pouvant aller jusqu'à plusieurs dizaines de millimètres, ces étapes de superposition et de collage des différents plis entre-eux sont supprimées, ce qui représente une économie considérable de temps et d'argent. Lors du traitement thermique, la pression exercée sur le matériau composite sous vide permet de le compacter et ainsi d'améliorer l'imprégnation des premiers fils.

[0025] Le procédé de fabrication peut être réalisé en continu en disposant les moyens nécessaires au dit traitement thermique en sortie de l'étape de tissage en 2,5D.

[0026] Le demandeur s'est aperçu de manière surprenante que les matériaux composites obtenus selon la présente invention pour la protection balistique sont très résistants au délaminage, ce qui est particulièrement avantageux dans le cas de tirs multi-impacts. Une explication, non exclusive, est que ledit tissu interlock comporte des premiers fils imprégnés à coeur et en surface dans le sens de son épaisseur lesquels maintiennent la cohésion de la structure dudit matériau sous un impact, et réduisent de ce fait les effets de délaminage que l'on observe habituellement dans les stratifiés de l'état de l'art. Le délaminage doit cependant être conservé afin que le matériau composite suite à un impact ne se désagrège pas totalement. Avantagusement, il a été observé avec le matériau composite selon la présente invention que les plis du renfort fibreux se délaminent progressivement en glissant les uns par rapport aux autres de façon contrôlée afin qu'un pli adjacent à un autre pli soit au final décalé par rapport à cet autre pli mais toujours solidaire de ce dernier. On peut en effet décomposer le comportement dudit matériau composite en trois étapes successives suite à impact. Dans une première étape, les fibres en périphérie du matériau composite sont cisailées et coupées. Puis, l'onde de choc se propage dans les plis adjacents entraînant l'allongement des fibres jusqu'à leurs ruptures. Le matériau composite se comporte de manière générale comme un ressort et le projectile s'enfoncé dans l'épaisseur du matériau composite en formant un tunnel. Enfin, les fils de liage inter-couches -c'est-à-dire les fils de chaîne- bloquent le délaminage des couches les unes par rapport aux autres

et permettent ainsi de contrôler le glissement inter-couches. Le matériau composite présente ainsi une excellente résistance au délaminage tout en permettant au matériau composite de se délaminer de manière contrôlée, ce qui est particulièrement avantageux dans le cas d'un tir multi-impacts.

[0027] Dans les matériaux composites comprenant un renfort fibreux constitué de plusieurs plis distincts superposés, solidarisés par collage par exemple, le délaminage obtenu n'est pas contrôlé puisque les plis glissent totalement les uns par rapport aux autres, le matériau composite peut ainsi totalement se désagréger.

[0028] Les plis d'un tissu 2,5D sont liés par les fils de chaîne et non par les fils de trame par définition. Il est possible ainsi d'exercer une précontrainte sur les fils de chaîne ou de trame lors de l'opération de tissage afin de positionner les fils dans une meilleure configuration de travail en fonction de la sollicitation mécanique envisagée lors de l'utilisation dudit matériau composite. A titre d'exemple dans le domaine de la protection balistique, le fait d'exercer une précontrainte sur les fils de trame, si possible égale à celle exercée sur les fils de chaîne pour un nombre de fils de chaîne sensiblement égal au nombre de fils de trame, permet d'obtenir une déformation arrière du matériau composite iso-directionnelle. Il est cependant plus difficile de contrôler la contrainte exercée sur les fils de trame que sur les fils de chaîne.

[0029] Ledit procédé de fabrication permet l'obtention de matériaux composites pour la protection balistique notamment dans les domaines suivants : protection des personnes aux moyens de gilets, plastrons, casques, et blindage de véhicules terrestres (chars, véhicules de combat,...), aériens (hélicoptères, avions de transport..) et marins (bateaux d'assaut type croiseur et destroyer, porte-avions, sous-marins,...). Selon la nature, la quantité et l'agencement desdits premiers et seconds fils, le matériau composite obtenu peut être utilisé également pour la fabrication de pièces structurantes ayant des performances mécaniques améliorées, notamment dans l'aéronautique et l'aérospatiale.

[0030] Pour des applications telles que la protection des personnes, les matériaux composites obtenus selon la présente invention peuvent être utilisés seuls, non mis en oeuvre dans des ensembles composites, pour la protection contre des balles non perforantes ou contre des agressions avec une lame.

[0031] On entend par fils hautes performances des fils ayant une ténacité nettement supérieure à 60 cN/TEX. Cette valeur permet de distinguer les fils hautes performances des fils classiques utilisés notamment dans le domaine de l'habillement dont la ténacité est généralement inférieure ou égale à 60 cN/TEX. Les premiers fils sont de préférence choisis dans les familles de polymères suivantes, seule ou en mélange : les polyamides aromatiques tels que le para-aramide (poly-p-phénylène tétréphthalamide), le méta-aramide (poly-m-phénylène isophthalamide), et les copolymères de para-aramides ; les polyimides aromatiques ; les polyesters haute perfor-

mances, le polyéthylène haute densité (PEHD) ; les polybenzoxazoles tels que le PBO (p-phénylène benzobisoxazole) et le PIPD (polypyridobisimidazole) ; les polybenzothiazoles ; et le verre, notamment de la marque S-2® commercialisée par la société AGY®.

[0032] De préférence, les premiers fils pour la protection balistique sont des fils en polyéthylène haute densité ou des fibres de verre de la marque S-2®. Les fils en PEHD présentent notamment une densité inférieure à 1 g/cm³ assurant leur flottabilité, et notamment un haut module élastique, une haute ténacité et bonne résistance à l'abrasion. Par ailleurs, les fibres de verre de la marque S-2® possèdent un module en compression transversale très élevée contrairement aux fibres organiques leur conférant une bonne aptitude à fragmenter les projectiles perforants.

[0033] Les premiers fils en PEHD sont à base du polymère UHMWPE (« Ultra High Molecular Weight PE »), et ont une ténacité supérieure à 2N/TEX, voir supérieure à 3N/TEX selon les grades.

[0034] Dans une variante, les premiers fils ont une ténacité supérieure à 1 Newton/TEX.

[0035] Ces premiers fils ayant des valeurs de résistance aux contraintes mécaniques très élevées, sont préférés dans les renforts textiles utilisés dans des applications structurantes.

[0036] Dans une variante, les seconds fils sont dans une ou plusieurs familles de polymères suivantes : polypropylène, polyéthylène basse densité, polyester et polyamide.

[0037] Dans une variante, l'armure de tissage est du type diagonale, notamment du type diagonale 5-4.

[0038] Les armures dites diagonales assurent une bonne stabilité dimensionnelle au renfort textile, notamment lors d'un impact. De manière générale toutes les armures de tissage, notamment du type diagonale, favorisant les flottés et donc permettant de minimiser les points de liaison entre les couches du tissu interlock, également appelés points de croisure sont préférées. En effet, lors d'un impact, l'onde de choc se propage dans les fils par couplage aux points de croisure. Les ondes sont réfléchies et se superposent provoquant l'allongement des premiers fils formant le renfort textile jusqu'à leur rupture. Les renforts textiles ayant un nombre de points de croisure limité ont une meilleure résistance au délaminage et à l'impact.

[0039] Dans une variante, la température T_0 du traitement thermique est comprise dans l'intervalle $[T_{f2} + (T_{f1} - T_{f2})/2 ; T_{f1}]$, dans lequel la température de fusion des seconds fils T_{f2} est inférieure à la température de fusion des premiers fils T_{f1} , en sorte de diminuer la viscosité des seconds fils fondus et améliorer l'imprégnation des premiers fils.

[0040] Le demandeur s'est aperçu que la qualité de l'imprégnation influait positivement sur les qualités mécaniques du matériau composite final, et notamment sur la résistance au délaminage.

[0041] Dans une variante, le procédé de fabrication

selon l'invention comprend une étape intermédiaire, entre l'étape de tissage en 2,5D et le traitement thermique telles que décrites ci-dessus, au cours de laquelle on superpose dans cet ordre : le renfort textile obtenu suite à ladite étape de tissage 2,5D, une première couche dans un matériau à base de polymère fusible, une seconde couche, de préférence une couche de tissu en para-aramide, une troisième couche dans un matériau à base de polymère fusible, une quatrième couche, notamment dans un matériau à base de céramique; et en ce que lors du traitement thermique lesdites première et troisième couches fondent et lient le matériau composite obtenu avec lesdites seconde et quatrième couches en sorte de former un ensemble composite pour la protection balistique.

[0042] Lesdites première et troisième couches sont de préférence un film en polyuréthane.

[0043] Ladite seconde couche est de préférence un tissu, tel qu'une toile, à base de fils en para-aramide. Ladite seconde couche est de préférence calandree avec un film en polyéthylène basse densité.

[0044] La quatrième couche en céramique peut être monolithique ou formée de petits carreaux, plane ou galbée.

[0045] Ledit matériau composite forme dans l'ensemble composite pour la protection balistique, notamment pour le blindage, la couche arrière c'est-à-dire la couche disposée dans ledit ensemble au plus près de l'élément à protéger, le corps humain par exemple dans le cas de gilet pare-balles.

[0046] La présente invention a pour objet selon un deuxième aspect un matériau composite obtenu par la mise en oeuvre du procédé de fabrication décrit ci-dessus, dont le renfort textile tissé en 2,5 D comprend des fils hautes performances choisis parmi les familles de polymères organiques suivantes, seule ou en mélange : les polyamides aromatiques tels que le para-aramide (poly-p-phénylène téréphtalamide), le méta-aramide (poly-m-phénylène isophtalamide), et les copolymères de para-aramides ; les polyimides aromatiques ; les polyesters hautes performances, le polyéthylène haute densité (PEHD) ; les polybenzoxazoles tels que le PBO (p-phénylène benzobisoxazole) et le PIPD (polypyridobisimidazole) ; les polybenzothiazoles; ou parmi les fibres suivantes : verre, notamment de la marque S-2®, carbone, alumine, carbure de silicium, carbure de bore.

[0047] De préférence, les premiers fils formant le renfort textile pour la protection balistique sont des fils en polyéthylène haute densité ou des fibres de verre de la marque S-2®.

[0048] Dans une variante, la matrice polymère est thermoplastique, et représente en poids moins de 30%, de préférence moins de 20%, de la masse surfacique totale dudit matériau composite.

[0049] La technique d'insertion par le tissage de la matrice polymère dans le tissu interlock permet d'optimiser la quantité de matrice nécessaire. Cette disposition per-

met d'alléger la masse surfacique du matériau composite selon l'invention par rapport à celle des matériaux composites de l'état de l'art à performances égales. Le taux de renfort est ainsi très élevé, de l'ordre au moins de 70%, de préférence au moins de l'ordre de 80%, et permet de conférer des performances mécaniques élevées aux pièces structurantes comprenant ledit matériau composite.

[0050] Dans une variante, la matrice polymère est dans une ou plusieurs familles de polymères suivantes : polyéthylène basse densité, polypropylène, polyamide, polyéthylène téréphtalate, et notamment dans du polyéthylène basse densité.

[0051] Dans une variante, ledit renfort textile est formé de manière caractéristique d'un seul pli de tissu.

[0052] Le procédé selon l'invention permet avantageusement d'obtenir un tissu interlock en une seule opération de tissage ayant un poids /m² et une épaisseur ajustables ainsi qu'une matrice polymère disposée à coeur grâce aux dits seconds fils tissés.

[0053] Ainsi, ledit matériau composite n'est pas formé de la superposition de plusieurs plis, chaque pli étant formé par un textile individuel, mais formé d'un renfort textile ne comprenant qu'un seul pli comprenant un tissu multi-couches.

[0054] La présente invention a pour objet selon un troisième aspect un ensemble composite pour la protection balistique dont la couche arrière est formée d'un matériau composite tel que décrit ci-dessus.

[0055] Pour la protection balistique, notamment s'agissant de la protection contre des balles perforantes, le matériau composite selon l'invention est mis en oeuvre en tant que couche arrière dans un ensemble composite, la couche avant dudit ensemble comprenant de préférence un matériau ayant propriétés de fragmentation des dites balles. Par couche arrière, on entend que le matériau composite est disposé dans ledit ensemble de sorte d'être au plus près de l'élément à protéger, par exemple orienté vers l'intérieur de l'habitacle d'un hélicoptère dans le cas de blindage de véhicules aériens.

[0056] Ledit ensemble composite est utilisé pour le blindage entrant dans des équipements à la personne et notamment dans des gilets souples, plastrons et casques, ou dans les panneaux structurants formant les véhicules terrestres (chars, véhicules de combat, etc...), aériens (hélicoptères, avions de transport, etc...) et marins (porte-avions, etc...).

[0057] Dans une variante, l'ensemble composite comporte d'arrière en avant : un matériau composite, une première couche dans un matériau à base de polymère fusible, une seconde couche, de préférence comprenant une couche de tissu en para-aramide, une troisième couche dans un matériau à base de polymère fusible, une quatrième couche, notamment dans un matériau à base de céramique.

[0058] La quatrième couche est disposée de sorte de faire face directement à un éventuel impact lorsque ledit ensemble composite est utilisé, et a pour fonction de frag-

menter les munitions à noyau dur des balles perforantes et réduire l'énergie cinétique liée aux impacts.

[0059] Dans une variante, le matériau composite présente une masse surfacique de l'ordre ou inférieure à 11 000 g/m².

[0060] L'incorporation de la matrice polymère étant plus facilement à maîtriser puisqu'elle a lieu au cours du tissage, sa quantité est optimisée. Ainsi, le demandeur a développé un matériau composite utilisé en tant que couche arrière dans un ensemble composite pour le blindage ayant une masse surfacique inférieure de l'ordre de 10% aux masses surfaciques des matériaux composites équivalents en termes de performances. Cette disposition présente une économie considérable en énergie notamment pour la protection des véhicules aériens, et préserve de l'usure les pièces mécaniques (amortisseurs,...) des véhicules terrestres.

[0061] La présente invention sera mieux comprise à la lecture d'un exemple de réalisation d'un matériau composite pour la protection balistique, cité à titre non limitatif, et illustré dans les figures suivantes, annexées à la présente, dans lesquelles :

- la figure 1 est une représentation schématique illustrant le principe de tissage 2,5D utilisée dans le cadre de la présente invention ;
- la figure 2 représente l'armure de base d'un exemple de tissu interlock selon la présente invention,
- la figure 3 représente le tableau de lecture de la structure du tissu interlock dont l'armure de base est représentée à la figure 2 ;
- la figure 4 est une coupe selon le sens chaîne du tissu interlock représentés aux figures 2 et 3.
- La figure 5 est une représentation schématique d'un ensemble composite pour la protection balistique comprenant un matériau composite dont les plis sont formés du tissu interlock décrit aux figures 2 à 4.

[0062] Le métier à tisser 1 représenté partiellement à la figure 1 gère cinq chaînes 2. Lors du mouvement vertical F des cadres 3, supportant les lisses dans lesquelles sont insérés les fils de chaîne, plusieurs chaînes 2 peuvent être déplacés en même temps vers le haut pour former une foule 4 unique. Le tissu interlock 5 est formé dans cet exemple de cinq couches 2 de fils de chaîne et de fils de trame 6. Ces couches 2 sont elles-mêmes liées les unes aux autres par des fils de chaîne. Les fils de trame 6 sont insérés dans l'épaisseur e_0 du tissu interlock 5.

[0063] L'armure de base A_{1/1} représentée à la figure 2 est une diagonale 5-4 à décrochement de 3. Le décrochement est le décalage d'une duite à une autre. De manière générale, le nombre de couches de fils de chaîne est égal au nombre de lames disponibles sur un métier à tisser divisé par le raccord en largeur de l'armure choisie. Le métier à tisser utilisé dans cet exemple de réalisation, et non représenté, comprend 24 lames. Les lames sont les cadres supportant les lisses. Le tissu interlock

7, obtenu par la mise en oeuvre de l'armure de base A_{1/1} et représenté à la figure 4, comprend ainsi huit couches de fils de chaîne CH1 à CH8 tissées avec neuf duites T1 à T9 dont trois fils de chaînes tissés par couche. Les fils de chaîne C₁ à C₃ correspondent à la couche CH1 du tissu interlock 7 selon le tableau représenté à la figure 3, et plus particulièrement sont tissés selon l'armure A_{1/1} représentée également à la figure 2. Les armures diagonales permettent d'avoir un raccord en hauteur, ici de neuf, beaucoup plus grand que le raccord en largeur, ici de trois, si le décrochement divise le raccord en hauteur. Ce type d'armure permet de se rapprocher de la structure des renforts textiles unidirectionnels en minimisant le nombre de points de liage. On remarque à la figure 2 que le fil de chaîne C₁ passe au dessus des duites T₁ à T₅ puis sous les duites T₆ à T₉. Le fil de chaîne C1 ne croise que quatre duites, entre T₅ et T₆ et T₉ et T₁, sur neuf duites, ce qui correspond à deux points de liage ou points de croisure sur neuf soit environ 22% de points de liage. Il en est de même pour les fils de chaînes C2 et C3. Le tissu interlock 7 comprend ainsi un faible taux de liage de l'ordre de 22%. Ce taux de liage permet d'assurer une bonne stabilité dimensionnelle au tissu interlock 7 utilisé en tant que renfort textile lors d'un impact. De plus, il diminue le couplage aux points de croisure des ondes de choc suite à un impact et donc améliore la résistance au délaminage, particulièrement dans le cas de tirs multi-impacts.

[0064] A la figure 3, les abréviations LM et BM à l'intersection des cases comprenant les abréviations CH1 à CH 8 pour les couches de chaîne une à huit et les fils de trames T₁ à T₉ correspondent respectivement à Levée Masse et Baissée Masse. On entend par Levée Masse et Baissée Masse respectivement la levée et la baisse des cadres supportant les lisses.

[0065] La figure 4 représente le tissu interlock 7 selon une coupe longitudinale. La couche CH1 dudit tissu 7 est formée des fils de chaîne C1 à C3, et est liée à la couche CH2 par ces mêmes fils de chaîne. On distingue deux niveaux de trame n1 et n2 pour la couche CH1 caractéristiques des tissus doubles faces trame. Cette évolution est répétée huit fois dans le sens de l'épaisseur e_1 du tissu 7 puisqu'il y a huit chaînes.

[0066] La capacité d'un fil à propager une onde, est très importante dans le domaine de la protection balistique puisqu'elle permet de dissiper l'énergie cinétique due au(x) choc(s) plus ou moins rapidement. La vitesse de propagation d'une onde de choc appliquée longitudinalement sur un fil est calculée par la relation suivante : $V = \sqrt{E/d}$ où E est le module élastique en Pa du fil et d la densité en kg/m³ dudit fil. Les fils ayant une vitesse de propagation supérieure à 10 000 m/s sont les fils en polyéthylène haute densité ; les fils en para-aramide et les fils en verre, notamment de la marque S-2®, ont quant à eux une vitesse de propagation très intéressante puisque supérieure à 8 000 m/s.

[0067] Dans cet exemple de réalisation précis, les fils de chaîne C₁ à C₂₄ sont les premiers fils et sont de pré-

férence des fils en polyéthylène haute densité, tels que ceux commercialisés sous la marque Spectra® par la société HoneyWell®. Les premiers fils présentent à titre d'exemple respectivement une ténacité, une résistance à la rupture et un module élastique de 2,52 GPa, 2,31 GPa, et 62 GPa.

[0068] Les seconds fils thermofusibles sont insérés en trame, et de préférence un fil sur quatre des fils de trame T_1 à T_9 est un second fil thermofusible. De préférence, les seconds fils sont en polyéthylène basse densité, et présente à titre d'exemple une résistance à la rupture, un allongement à la rupture et un module d'Young respectivement de 8 MPa, 200% et 170 MPa.

[0069] Le titrage des premiers et des seconds fils est déterminé de sorte que le tissu interlock 7 ait une masse surfacique de l'ordre de 3 660 g/m² dont 2 930 g/m² pour les premiers fils formé par les fils en PEHD et 730g/m² pour les seconds fils formés par les fils thermofusibles en PEBD. La masse surfacique en seconds fils est de l'ordre de 20% de la masse surfacique totale du tissu interlock 7. Le tissu interlock en sortie de métier a une épaisseur e_1 de l'ordre de 7 mm.

[0070] L'ensemble composite 14 représenté à la figure 5 est utilisé pour le blindage, c'est-à-dire en protection de munitions perforantes tel que décrit ci-dessus. Il comprend un matériau composite 8 formé dans cet ordre de trois plis p1, p2 et p3 comprenant chacun une couche de tissu interlock 7 et intercalés avec un film thermofusible 9 pour leur adhésion. Le matériau composite 8 forme la couche arrière de l'ensemble composite 14. L'ensemble composite 14 comprend également, disposées sur le pli p3 : une première couche 10 dans un matériau à base de polymère fusible, une seconde couche 11 dans un tissu en para-aramide calandré avec un film en PEBD, une troisième couche 12 dans un matériau à base de polymère fusible, une quatrième couche 13 en céramique. Les couches 9, 10 et 12 sont dans un film de polyuréthane thermofusible. La quatrième couche 13 est formée de quatre carreaux d'alumine disposés en quinconce non représentés. L'ensemble composite 14 subit ensuite une étape de marouflage consistant à disposer sur l'ensemble 14 un feutre puis un film auto-démoulant et une bâche non représentés. Une fois ladite bâche rendue étanche par des moyens connus de l'état de la technique, la mise sous-vide de l'ensemble est effectué et a pour but de compacter l'ensemble notamment les plis p1 à p3 avec les carreaux de céramique. L'ensemble 14 est ensuite soumis à un traitement thermique ayant une température de traitement comprise entre 100°C et 130°C, pendant au moins deux heures, de préférence au moins quatre heures, sous une pression supérieure à 5 bars, de préférence égale ou supérieure à 10 bars. Dans cet exemple précis, la température de traitement est inférieure à la température de transition vitreuse des fils en polyéthylène haute densité afin de ne pas dégrader ces derniers.

[0071] L'ensemble composite 14 une fois cuit est dé-moulé. Le matériau composite 8 présente une masse

surfacique de l'ordre de 11 000 g/m², la matrice polymère formée par les seconds fils fondus représente 20 % de la masse surfacique totale du matériau composite 8. Les trois plis p1 à p3 formés chacun d'une couche de tissu interlock 7 et intercalés avec les films 9 ont une épaisseur de l'ordre de 20 mm. La température T_0 du traitement thermique est déterminée en sorte d'obtenir la fusion des seconds fils sans altérer les premiers fils. De préférence, T_0 est comprise dans l'intervalle $[T_{f2} + |T_{f1} - T_{f2}|/2 ; T_{f1}]$, dans lequel la température de fusion des seconds fils T_{f2} est inférieure à la température de fusion des premiers fils T_{f1} , en sorte de diminuer la viscosité des seconds fils fondus et améliorer l'imprégnation des premiers fils.

[0072] La couche 13 est celle disposée touchée en première par un impact lorsque l'ensemble composite 14 est utilisé, le matériau composite 8 orienté vers l'élément à protéger.

[0073] L'ensemble composite 14 a été soumis à un impact selon la norme MIL-PRF-46103E avec une balle perforante de calibre 12,7 mm (poids : 43 g). La vitesse de la balle doit être de l'ordre de 610 m/s selon la norme précitée. L'impact a formé un trou dont le diamètre est compris entre 120 et 150 mm et dont la profondeur est comprise entre 20 et 25 mm. L'ensemble composite 14, ayant une épaisseur de 30 mm, a arrêté la balle. Lors de l'analyse de l'ensemble composite 14, après avoir retiré au moins les couches 11 à 13, l'impact laissé en surface du pli p3 sur le matériau composite 8 est très net comparé à celui laissé sur l'ensemble composite de référence formé de 48 plis UD superposés en PEHD et collés avec des films en PEBD. L'épaisseur importante du renfort textile formant le pli p3, de l'ordre d'une couche de tissu interlock 7, empêche que celui-ci ne soit arraché avec la couche 13 en céramique sous l'onde de choc. Dans l'ensemble composite de référence la surface soumise à impact, une fois la couche de défragmentation en céramique ôtée, présente des fils éclatés et des zones très déformées. A la différence, on observe dans l'épaisseur du matériau composite 8 un léger délaminage entre les plis p1, p2 et p3 suffisant pour absorber l'énergie cinétique due à l'impact mais limité afin de minimiser une éventuelle dislocation du matériau composite 8. Le comportement au délaminage du matériau composite 8 est amélioré en tissant directement un tissu interlock ayant une masse surfacique de l'ordre de 11 000 g/m² dont 20% formée par des seconds fils thermofusibles. La couche arrière de l'ensemble composite de référence présente une masse surfacique de l'ordre de 10% supérieure à celle du matériau composite 8.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un matériau composite (8), comprenant un renfort textile (7) et une matrice polymère, pour la protection balistique, comprenant :
 - a) une étape de formation du renfort textile (7)

- par tissage en 2,5D de premiers fils avec des seconds fils selon une armure déterminée ($A_{1/1}$), lesdits seconds fils étant dans un polymère thermofusible et lesdits premiers fils étant des fils hautes performances en sorte d'obtenir un tissu interlock (7) se présentant sous la forme d'un tissu multi-couches dont la liaison entre les couches superposées est assurée par les fils de chaîne,
- b) suivie d'un traitement thermique au cours duquel ledit tissu interlock (7) est soumis à des conditions de température et de pression déterminées en sorte de fondre lesdits seconds fils pour former la matrice polymère, sans altérer les premiers fils.
2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les premiers fils hautes performances ont une ténacité supérieure à 1 Newton/ Tex.
 3. Procédé de fabrication selon l'une ou l'autre des revendications 1 et 2, **caractérisé en ce que** les seconds fils sont dans une ou plusieurs familles de polymères suivantes : polypropylène, polyéthylène basse densité, polyester et polyamide.
 4. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** l'armure de tissage est du type diagonale, notamment du type diagonale 5-4 ($A_{1/1}$).
 5. Procédé de fabrication selon l'un quelconque des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** la température T_0 du traitement thermique est comprise dans l'intervalle $[T_{f2} + |T_{f1} - T_{f2}|/2 ; T_{f1}]$, dans lequel la température de fusion des seconds fils T_{f2} est inférieure à la température de fusion des premiers fils T_{f1} , en sorte de diminuer la viscosité des seconds fils fondus et améliorer l'imprégnation des premiers fils.
 6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5 pour la fabrication d'un ensemble composite (14) pour la protection balistique, **caractérisé en ce qu'il** comprend une étape intermédiaire, entre l'étape de tissage en 2,5D et le traitement thermique, au cours de laquelle on superpose dans cet ordre : le renfort textile obtenu suite à ladite étape de tissage en 2,5D (7), une première couche dans un matériau à base de polymère fusible (10), une seconde couche (11), de préférence comprenant une couche de tissu en para-aramide, une troisième couche (12) dans un matériau à base de polymère fusible, une quatrième couche (13), notamment dans un matériau à base de céramique ; et **en ce que** lors du traitement thermique lesdites première et troisième couches fondent et lient le matériau composite (8)
- obtenu avec lesdites seconde (11) et quatrième (13) couches en sorte de former ledit ensemble (14).
7. Matériau composite (8) obtenu par le procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le renfort textile tissé en 2,5D (7) comprend des fils hautes performances choisis parmi les familles de polymères organiques suivantes, seule ou en mélange : les polyamides aromatiques tels que le para-aramide (poly-p-phénylène téréphtalamide), le méta-aramide (poly-m-phénylène isophtalamide), et les copolymères de para-aramides ; les polyimides aromatiques ; les polyesters haute performances, le polyéthylène haute densité (PEHD) ; les polybenzoxazoles tels que le PBO (p-phénylène benzobisoxazole) et le PI-PD (polypyridobisimidazole) ; les polybenzothiazoles ; ou des fibres de verre.
 8. Matériau composite (8) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la matrice polymère est thermoplastique, et représente en poids moins de 30%, de préférence moins de 20%, de la masse surfacique totale dudit matériau composite (8).
 9. Matériau composite (8) selon l'une ou l'autre des revendications 7 et 8 **caractérisé en ce que** la matrice polymère est dans une ou plusieurs familles de polymères suivantes : polyéthylène basse densité, polypropylène, polyamide, polyéthylène téréphtalate, et notamment dans du polyéthylène basse densité.
 10. Matériau composite (8) selon l'une quelconque des revendications 7 à 9, **caractérisé en ce que** le renfort textile (7) est formé d'un seul pli de tissu (7).
 11. Ensemble composite (14) pour la protection balistique dont la couche arrière est formée d'un matériau composite (8) selon l'une quelconque des revendications 7 à 10.
 12. Ensemble composite (14) selon la revendication 11 **caractérisé en ce qu'il** comporte d'arrière en avant : un matériau composite (8), une première couche (10) dans un matériau à base de polymère fusible, une seconde couche (11), de préférence comprenant une couche de tissu en para-aramide, une troisième couche (12) dans un matériau à base de polymère fusible, une quatrième couche (13), notamment dans un matériau à base de céramique.
 13. Ensemble composite (14) selon l'une ou l'autre des revendications 11 et 12, **caractérisé en ce que** le matériau composite (8) présente une masse surfacique de l'ordre ou inférieur à 11 000 g/m².

Claims

1. A manufacturing process of composite material (8), comprising a textile reinforcement (7) and a polymer matrix, especially for ballisticproof protection, **characterised in that** it comprises:
 - a) a step for forming the textile reinforcement (7) by 2.5D weaving of first yarns with second yarns according to a determined weave ($A_{1/1}$), said second yarns being made of thermofusible polymer and said first yarns being high-performance yarns to produce an interlock fabric (7),
 - b) followed by thermal processing during which said interlock fabric (7) is subjected to temperature and pressure conditions determined so as to melt said second yarns to form the polymer matrix, without altering the first yarns.
2. The manufacturing process as claimed in Claim 1, **characterised in that** the first high-performance yarns have a tenacity of greater than 1 Newton/Tex.
3. The manufacturing process as claimed in either one of Claims 1 and 2, **characterised in that** the second yarns are in one or more families of the following polymers: polypropylene, low-density polyethylene, polyester and polyamide.
4. The manufacturing process as claimed in any one of Claims 1 to 3, **characterised in that** the weaving pattern is of diagonal type, especially of diagonal type 5-4 ($A_{1/1}$).
5. The manufacturing process as claimed in any one of Claims 1 to 4, **characterised in that** the temperature T_0 of the thermal processing is in the interval $[T_{f2} + |T_{f1} - T_{f2}|/2; T_{f1}]$, in which the melting temperature of the second yarns T_{f2} is less than the melting temperature of the first yarns T_{f1} , so as to diminish the viscosity of the second melted yarns and improve impregnation of the first yarns.
6. The process as claimed in any one of Claims 1 to 5 for making a composite assembly (14) for ballisticproof protection, **characterised in that** it comprises an intermediate step, between the 2.5D weaving step and the thermal processing, during which the following are superposed in this order: the textile reinforcement obtained following said 2.5D weaving step (7), a first layer in a material based on meltable polymer (10), a second layer (11), preferably comprising a layer of para-aramide fabric, a third layer (12) in a material based on meltable polymer, a fourth layer (13), especially made of a ceramic-based material; and **in that** during thermal processing said first and third layers melt and connect the resulting composite material (8) to said second (11) and fourth (13) layers so as to form said ensemble (14).
7. A composite material (8) obtained by the manufacturing process as claimed in any one of Claims 1 to 5, **characterised in that** the textile reinforcement (7) comprises high-performance yarns selected from the families of the following organic polymers, individually or mixed: aromatic polyamides such as para-aramide (poly-p-phenylene terephthalamide), meta-aramide (poly-m-phenylene isophthalamide), and copolymers of para-aramides; aromatic polyimides; high-performance polyesters, high-density polyethylene (HDPE); polybenzoxazoles such as PBO (p-phenylene benzobisoxazole) and PIPD (polypyridobisimidazole); polybenzothiazoles; or fibreglass, especially of the trade mark S-2®.
8. The composite material (8) as claimed in Claim 7, **characterised in that** the polymer matrix is thermoplastic, and by weight represents less than 30%, preferably less than 20%, of the total surface mass of said composite material (8).
9. The composite material (8) as claimed in either one of Claims 7 and 8, **characterised in that** the polymer matrix is in one or more families of the following polymers: low-density polyethylene, polypropylene, polyamide, polyethylene terephthalate, and especially made of low-density polyethylene.
10. The composite material (8) as claimed in any one of Claims 7 to 9, **characterised in that** the textile reinforcement (7) is formed by a single fold of fabric (7).
11. A composite assembly (14) for ballisticproof protection whereof the rear layer is formed by a composite material (8) as claimed in any one of Claims 7 to 10.
12. The composite assembly (14) as claimed in Claim 11, **characterised in that** it comprises from back to front: a composite material (8), a first layer (10) in a material based on melting polymer, a second layer (11), preferably comprising a layer of para-aramide fabric, a third layer (12) made of a material based on melting polymer, a fourth layer (13), especially made of a ceramic-based material.
13. The composite assembly (14) as claimed in either one of Claims 11 and 12, **characterised in that** the composite material (8) has a surface mass of the order of or less than 11,000 g/m².

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Verbundwerkstoffes (8), umfassend eine textile Verstärkung (7) und eine Polymermatrix für ballistischen Schutz, umfas-

send:

- a) einen Schritt der Bildung der textilen Verstärkung (7) durch Weben in 2,5D von ersten Fäden mit zweiten Fäden nach einer bestimmten Bindung ($A_{1/1}$), wobei die zweiten Fäden aus einem wärmeschmelzenden Polymer und die ersten Fäden Hochleistungsfäden sind, um ein Interlock-Gewebe (7) zu erhalten, das in Form eines mehrschichtigen Gewebes vorhanden ist, dessen Verbindung zwischen den übereinander liegenden Schichten durch Kettfäden gewährleistet ist,
- b) gefolgt von einer Wärmebehandlung, während der das Interlock-Gewebe (7) bestimmten Temperatur- und Druckbedingungen unterzogen wird, um die zweiten Fäden zu schmelzen, um die Polymermatrix ohne Beeinträchtigung der ersten Fäden zu bilden.
2. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die ersten Hochleistungsfäden eine Reißfestigkeit von über 1 Newton/Tex haben.
 3. Herstellungsverfahren nach dem einen oder dem anderen der Ansprüche 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** die zweiten Fäden aus einer oder mehreren der folgenden Polymerfamilien stammen: Polypropylen, Polyethylen mit geringer Dichte, Polyester und Polyamid.
 4. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Webbindung diagonalen Typs ist, insbesondere diagonalen Typs 5-4 ($A_{1/1}$).
 5. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Temperatur T_0 der Wärmebehandlung in dem Intervall $[T_{f2} + |T_{f1} - T_{f2}|/2; T_{f1}]$ liegt, wobei die Schmelztemperatur der zweiten Fäden T_{f2} geringer als die Schmelztemperatur der ersten Fäden T_{f1} ist, um die Viskosität der geschmolzenen zweiten Fäden zu verringern und die Imprägnierung der ersten Fäden zu verbessern.
 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 zur Herstellung einer Verbundeinheit (14) für ballistischen Schutz, **dadurch gekennzeichnet, daß** es einen Zwischenschritt zwischen dem Webschritt in 2,5D und der Wärmebehandlung umfaßt, während dessen in folgender Reihenfolge: die nach dem Webschritt in 2,5D erhaltene textile Verstärkung (7), eine erste Schicht aus einem Material auf Basis von schmelzbarem Polymer (10), eine zweite Schicht (11), die vorzugsweise eine Gewebeschicht aus Para-Amid umfaßt, eine dritte Schicht (12) aus einem
- Material auf Basis von schmelzbarem Polymer, eine vierte Schicht (13) insbesondere aus einem Material auf Keramikbasis übereinander gelegt werden, und daß bei der Wärmebehandlung die ersten und dritten Schichten schmelzen und das erhaltene Verbundmaterial (8) mit der zweiten (11) und vierten Schicht (13) verbinden, um die Einheit (14) zu bilden.
7. Verbundwerkstoff (8), der mit dem Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5 erhalten wurde, **dadurch gekennzeichnet, daß** die in 2,5D gewebte textile Verstärkung (7) Hochleistungsfäden umfaßt, die in den folgenden Familien von organischen Polymeren ausgewählt werden, und zwar alleine oder im Gemisch: die aromatischen Polyamide, wie Para-Amid (Poly-p-phenylenterephthalamid), Meta-Aramid (Poly-m-phenylenisophthalamid), und die Copolymere von Para-Amiden; die aromatischen Polyimide, die Hochleistungspolyester, hochdichtes Polyethylen (PEHD); die Polybenzoxazole, wie das PBO (p-phenylenbenzobisoxazol) und das PIPD (Polypyridobisimidazol); die Polybenzothiazole; oder Glasfasern.
 8. Verbundwerkstoff (8) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Polymermatrix ein Thermoplast ist und im Gewicht weniger als 30 %, vorzugsweise weniger als 20 % der Gesamtoberflächenmasse des Verbundwerkstoffes (8) darstellt.
 9. Verbundwerkstoff (8) nach dem einen oder dem anderen der Ansprüche 7 und 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Polymermatrix zu einer oder mehreren der folgenden Polymerfamilien gehört: Polyethylen mit geringer Dichte, Polypropylen, Polyamid, Polyethylenterephthalat, und insbesondere Polyethylen geringer Dichte.
 10. Verbundwerkstoff (8) nach einem der Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** die textile Verstärkung (7) aus einer einzigen Gewebefalte (7) gebildet ist.
 11. Verbundeinheit (14) für ballistischen Schutz, deren hintere Schicht aus einem Verbundwerkstoff (8) nach einem der Ansprüche 7 bis 10 gebildet ist.
 12. Verbundeinheit (14) nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** sie von hinten nach vorne umfaßt: einen Verbundwerkstoff (8), eine erste Schicht (10) aus einem Material auf Basis von schmelzbarem Polymer, eine zweite Schicht (11) die vorzugsweise eine Gewebsschicht aus Para-Amid umfaßt, eine dritte Schicht (12) aus einem Material aus schmelzbarem Polymer, eine vierte Schicht (13) insbesondere aus einem Material auf Basis von Keramik.

13. Verbundeinheit (14) nach dem einen oder dem anderen der Ansprüche 11 und 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Verbundwerkstoff (8) eine Oberflächenmasse von ungefähr oder kleiner als 11 000 g/m² aufweist.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

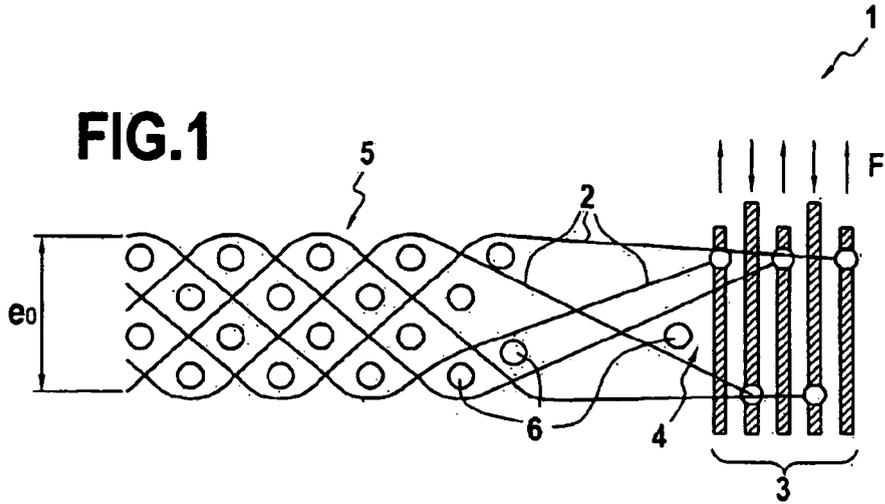


FIG. 1

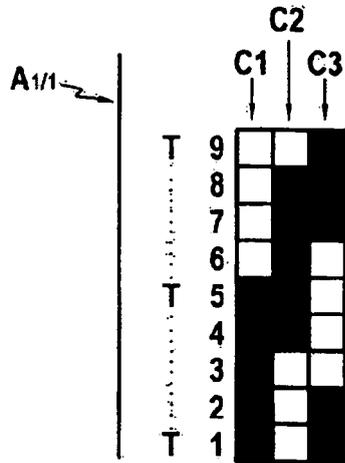


FIG. 2

	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH 6	CH 7	CH 8
Trame 9	LM	$A_{9/8}$						
Trame 8	LM	LM	LM	LM	LM	LM	$A_{8/7}$	$A_{8/8}$
Trame 7	LM	LM	LM	LM	LM	$A_{7/6}$	$A_{7/7}$	BM
Trame 6	LM	LM	LM	LM	$A_{6/5}$	$A_{6/6}$	BM	BM
Trame 5	LM	LM	LM	$A_{5/4}$	$A_{5/5}$	BM	BM	BM
Trame 4	LM	LM	$A_{4/3}$	$A_{4/4}$	BM	BM	BM	BM
Trame 3	LM	$A_{3/2}$	$A_{3/3}$	BM	BM	BM	BM	BM
Trame 2	$A_{2/1}$	$A_{2/2}$	BM	BM	BM	BM	BM	BM
Trame 1	$A_{1/1}$	BM						



$$A_{1/1} = A_{2/2} = A_{3/3} = A_{4/4} = A_{5/5} = A_{6/6} = A_{7/7} = A_{8/8}$$

$$A_{2/1} = A_{3/2} = A_{4/3} = A_{5/4} = A_{6/5} = A_{7/6} = A_{8/7} = A_{9/8}$$

FIG. 3

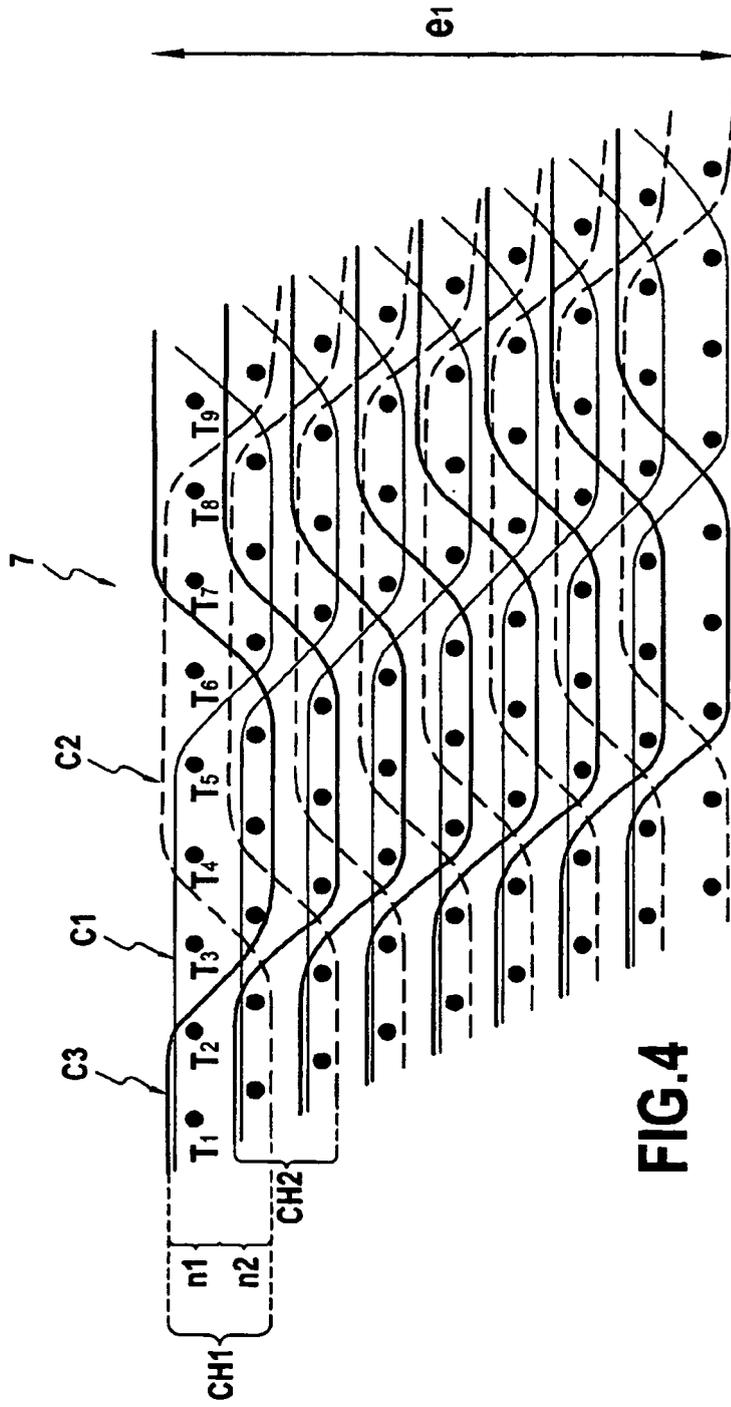


FIG. 4

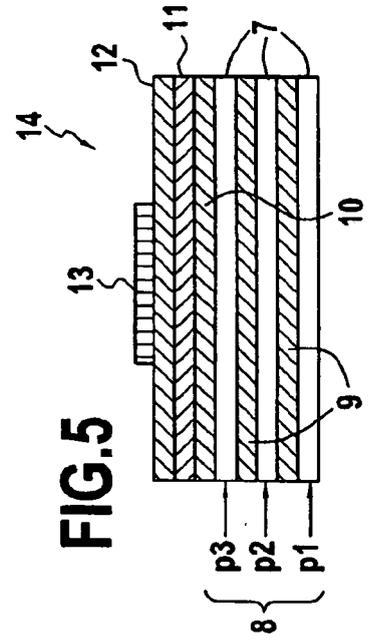


FIG. 5

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- FR 2610951 [0010]
- FR 2819804 [0010]
- EP 1386028 B1 [0011]
- EP 0424216 A [0012]