

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : 3 148 043

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national : 23 04110

51 Int Cl⁸ : D 02 G 3/04 (2023.01), D 04 H 3/015, D 04 D 9/04,
B 29 C 70/20, B 29 B 15/08, A 63 C 11/22, A 63 B 53/10, 49/00,
B 63 H 16/04, B 63 B 15/00, B 62 D 29/04

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 24.04.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 25.10.24 Bulletin 24/43.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : PDA ECOLAB société par actions sim-
plifiée — FR.

72 Inventeur(s) : JOHNSON Lance.

73 Titulaire(s) : PDA ECOLAB société par actions simpli-
fiée.

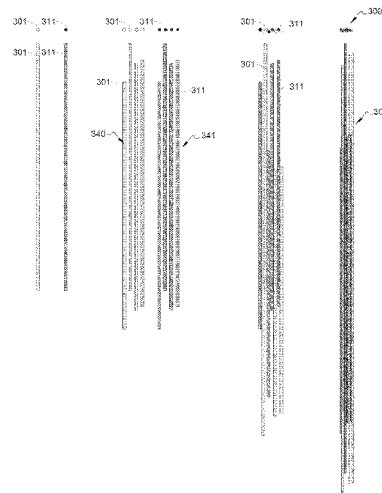
74 Mandataire(s) : CABINET BEAUMONT.

54 Renforcements en fibres naturelles de faible densité pour composites, tissus et composites plastiques renforcés composés de ceux-ci.

57 Renforcements en fibres naturelles de faible densité pour composites, tissus et composites plastiques renforcés constitués de ceux-ci

La présente divulgation concerne un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu pour un composite renforcé par des fibres comprenant: - au moins une fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de 1,35 g/cm³ ou moins; et - au moins une fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type, dans lequel les fibres sont mélangées et peignées ensemble en un seul stratifil ou un ruban de fibres continu qui a une densité apparente égale ou inférieure à 1,40 g/cm³.

Figure pour l'abrégié: Fig. 3



FR 3 148 043 - A1



Description

Titre de l'invention : Renforcements en fibres naturelles de faible densité pour composites, tissus et composites plastiques renforcés composés de ceux-ci

Domaine technique

[0001] La présente divulgation concerne de façon générale le domaine des composites renforcés par des fibres ou par des tissus, et en particulier les stratifils, les étoupes, les rubans continus ou les tissus destinés à une utilisation dans des composites renforcés par des fibres, ainsi que les compositions qui en résultent.

Contexte

[0002] Chaque année, des millions de kilogrammes de fibres de carbone, de fibres de verre, de fibres de lin, de fibres de basalte et d'autres fibres ayant des résistances avantageuses à la traction, à la compression et/ou à la flexion sont produites pour être utilisées en tant que matériaux de renforcement dans les composites renforcés par des fibres, ou FRC (de l'anglais « Fiber-Reinforced Composites », composites renforcés par des fibres, qui peuvent également être désignés comme étant des FRP, de l'anglais « Fiber-Reinforced Plastics », plastiques renforcés par des fibres). Ces fibres de renforcement sont combinées avec des résines plastiques thermodurcissables ou thermoplastiques (désignées collectivement comme étant la matrice) pour créer des matériaux structurels ayant des propriétés supérieures à celles des composants individuels.

[0003] L'importance des fibres naturelles, ou plus précisément des fibres de renforcement composite d'origine végétale, dans un contexte commercial largement défini par les pressions du changement climatique et la nécessité de réduire les émissions de CO₂, est significative. L'impact écologique de la production d'un kilo de fibre de carbone comprend la production de près de 30 kg de gaz à effet de serre ; et la fabrication d'un kilo de fibre de verre « E » génère environ 2,8 kg de gaz à effet de serre. Inversement, s'il est tenu compte de la séquestration du carbone pendant la culture, la plupart des fibres de renforcement végétales sont neutres en carbone jusqu'au départ de l'usine.

[0004] Il existe un besoin dans l'art pour une meilleure construction de fibres de renforcement, ainsi qu'une meilleure composition de tissu de renforcement, à base de fibres naturelles, et en particulier pour des applications dans lesquelles un rapport résistance/poids relativement élevé est souhaité.

Résumé de l'invention

[0005] L'état actuel de l'art dans le domaine des composites montre que la seule fibre naturelle industrialisée pour les composites à haute performance – c'est-à-dire, les applications qui nécessitent une orientation alignée des fibres pour obtenir les caracté-

ristiques de résistance et de rigidité par rapport au poids - est la fibre de lin. La fibre de lin a une densité d'environ 1,5 g/cm³, soit environ 85 % de la densité de la fibre de carbone, alors que le lin offre généralement environ 10 % de la résistance à la traction de la fibre de carbone et 30 % de la résistance et de la rigidité à la flexion de la fibre de carbone.

- [0006] La fibre supplémentaire la plus proche de l'industrialisation pour les composites à base de fibres naturelles alignées est le chanvre. Cette fibre a des propriétés très similaires à celles du lin en termes de densité, ainsi que de résistance à la traction et à la flexion.
- [0007] Selon la « Loi des Mélanges », les propriétés d'un matériau sont présentes dans un composite dans la proportion où le matériau est présent. Ainsi, si un composite est composé de 70 % de fibres de carbone et de 30 % de résine époxy, le composite résultant présentera des caractéristiques approximativement égales à 70 % des caractéristiques des fibres de carbone plus 30 % des caractéristiques de l'époxy. Il s'agit d'une valeur théorique qui sera réduite en fonction de l'efficacité de la liaison entre la fibre de renforcement et la matrice, ainsi que de la congruence de leurs propriétés mécaniques individuelles. La Loi des Mélanges s'applique également aux composites dans lesquels plus d'une fibre de renforcement est présente dans la structure.
- [0008] Lorsque des matériaux ayant des propriétés mécaniques différentes sont hybridés dans une structure composite - soit au niveau des étoupes d'un tissu, soit au niveau des couches d'un composite - les performances résultantes sont de façon générale encore réduites en raison d'une concentration de contraintes à l'endroit où les propriétés mécaniques différentes des matériaux de renforcement se rencontrent dans la matrice qui englobe les régions en butée. Bien qu'il puisse être souhaitable, dans la fabrication de structures exigeant des propriétés mécaniques spécifiques, d'utiliser des renforcements hybrides dans les superpositions de tissu, cela peut réduire l'efficacité mécanique du composite jusqu'à 10 % et, dans certains cas, au-delà de 10 %.
- [0009] Parmi les exemples d'effets négatifs, on peut citer les impacts sur les performances globales de la structure composite dus à l'hybridation, qui peuvent être accentués en fonction de l'importance de la différence entre les caractéristiques mécaniques d'une fibre d'hybridation et d'une autre. Par exemple, si des étoupes de lin sont alternés avec des étoupes de carbone dans un tissu, la fibre de lin peut avoir un effet positif sur les caractéristiques vibratoires globales de la pièce résultante, mais le fait que les fibres de lin aient à la fois un plus grand allongement à la rupture et une plus faible résistance à la traction et à la flexion signifie qu'elles sont susceptibles de contribuer de manière minimale à la résistance à la déformation avant que les fibres de carbone n'aient atteint leur limite d'élasticité dans le matériau composite. Des entreprises comme Salomon (le nom « Salomon » peut être couvert par une ou plusieurs marques déposées) dans le

domaine des articles de sport ont produit de tels hybrides et ont qualifié les performances obtenues de similaires à celles de la fibre de verre. Toutefois, cette combinaison a un coût plus élevé et un impact écologique plus important.

- [0010] Les industries qui s'appuient fortement de l'utilisation des composites pour la fabrication s'étendent du secteur de l'automobile et de l'aérospatiale à l'équipement sportif et aux les articles ménagers. Ces différentes industries exigent en conséquence des caractéristiques différentes de performance ainsi que des volumes importants de leurs fibres de renforcement composite choisies. Dans ce contexte, d'autres considérations relatives à l'hybridation apparaissent au premier plan. L'une d'entre elles est l'échelle : parmi les nombreuses fibres naturelles prometteuses pour le renforcement, seul un petit pourcentage est cultivé à une échelle suffisamment grande pour être viable à des fins industrielles.
- [0011] Un deuxième facteur associé à l'échelle est la variabilité des fibres, car les fibres naturelles - et plus particulièrement les fibres végétales - peuvent présenter des caractéristiques mécaniques très différentes selon l'endroit où elles sont cultivées et la manière dont elles sont traitées. Pour obtenir une qualité de stratifil constante (c'est-à-dire la résistance mécanique du stratifil et/ou du composite obtenu), il faut que la variabilité inhérente à la culture des fibres d'origine végétale soit suffisamment bien contrôlée pour que des performances prévisibles puissent être obtenues avec des fibres naturelles. Il s'agit d'une tâche de plus en plus difficile à l'époque du changement climatique.
- [0012] Troisièmement, il existe une demande commune pour créer des matériaux de renforcement capables d'être adaptés aux exigences des applications spécifiques, comme cela est possible en utilisant différentes qualités de fibres de verre, de carbone, d'aramide et d'autres fibres synthétiques. En ajustant la recette des précurseurs de la fibre, ou les processus et les températures de fabrication, il est possible de modifier les performances du matériau de renforcement. Bien que la variation lors de la culture mentionnée plus haut (), ainsi que la variation supplémentaire due à un traitement différent des fibres naturelles, se produisent, ces variations ne sont pas directement contrôlables de la même manière qu'avec les fibres synthétiques.
- [0013] Dans les composites, le stratifil est considéré comme la « plus petite unité divisible » à l'intérieur duquel la composition du renforcement est uniforme. Les fibres de renforcement synthétiques courantes, telles que les fibres de verre et de carbone, sont étirées sous forme de filaments continus ([Fig.1]) et combinées en stratifils (100) lorsque les fibres sont positionnées parallèlement, à proximité les unes des autres et légèrement collées ensemble avec un agent d'ensimage (102). En revanche, les fibres naturelles de renforcement ([Fig.2]) ont des longueurs finies (201) et les stratifils (200) sont produites d'une manière similaire à la préparation d'un fil à base de fibres na-

turelles, mais sans « torsion » - la différence étant que les stratifils reposent plutôt sur la structure superficielle des fibres qui les maintient en place (202) avec d'autres fibres adjacentes au fur et à mesure que le ruban de fibres continu est aminci et allégé par une série de peignes et d'unités d'étirage au cours du processus de traitement. Les fibres de longueur finie dans le stratifil sont ensuite fixées les unes aux autres à l'aide d'agents liants chimiques ou physiques.

- [0014] Bien que le concept général de création de renforcements en fibres naturelles utilisant plus d'un type de fibres ait été mentionné dans un nombre limité de dépôts de brevets, à ce jour, l'inventeur n'a trouvé aucune preuve que des solutions applicables industriellement existent ou même des solutions où une distribution uniforme des fibres dans un renforcement a été recherchée (c'est-à-dire à un niveau où les fibres sont réparties fonctionnellement de manière plus uniforme que l'équivalent des étoupes alternées dans un tissu).
- [0015] En outre, de nombreuses fibres végétales ne se prêtent pas à la transformation en stratifils hybrides parce qu'elles sont trop rigides ou/et d'un diamètre trop important. Pour être doublée et mélangée à d'autres fibres, une fibre doit être traitée par peignage. Les fibres telles que le sisal ont un diamètre trop important et sont trop rigides pour subir ce processus. Ces fibres ne peuvent être utilisées dans les composites à base de fibres naturelles qu'à l'état « pré-cardé » ou « cardé », où l'orientation des fibres est généralement inférieure à 10 à 15° par rapport à l'axe longitudinal de la bande de fibres cardées. Ces bandes de fibres contiennent à la fois des fibres longues et courtes, ainsi que certaines autres impuretés, qui diminuent les performances mécaniques de la bande de fibres. À l'inverse, le peignage élimine toutes les fibres courtes de la composition ainsi que d'autres impuretés, ne laissant que les fibres les plus longues et les plus résistantes dans le ruban de fibres continu.
- [0016] Au-delà de la complexité technique liée à la création d'un stratifil hybride avec des fibres bien réparties, le concept de création d'un stratifil hybride réussie est compliqué par la Loi des Mélanges susmentionnée (). Un examen de la littérature disponible sur les performances de différentes fibres naturelles dans les composites montre que le résultat attendu de l'hybridation de pratiquement n'importe quelle autre fibre avec la fibre de lin se traduirait par des performances inférieures ou un gain sans conséquence, ce qui ne vaudrait probablement pas les complications inhérentes à une telle entreprise.
- [0017] Il existe donc un besoin dans l'art pour une construction améliorée de fibres de renforcement et une composition améliorée de tissu de renforcement permettant une hybridation efficace, en particulier en ce qui concerne les renforcements en fibres naturelles.
- [0018] Les réalisations de la présente divulgation visent à répondre au moins partiellement à certains ou à tous les besoins de l'art antérieur.

[0019] Un aspect de la présente divulgation ([Fig.3]) consiste en un stratifil (300) composé d'au moins une fibre naturelle végétale peignée ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins (301) d'un premier type et d'au moins une fibre naturelle d'un deuxième type (311). Les fibres de chaque type sont, par exemple, orientées dans le sens de la longueur et, par exemple, sans torsion en un ruban de fibres continu (340 et 341). Lesdits au moins deux rubans de fibres sont ensuite, par exemple, posés l'un à côté de l'autre et mélangés en un seul ruban de fibres continu avec une répartition sensiblement égale des fibres, par exemple grâce à l'utilisation d'au moins un processus de doublage ou de peignage et d'étirage et, de préférence, de plusieurs doublages. Le ruban de fibres résultant, composé des deux types de fibres, par exemple, a un poids linéaire d'au moins 5 grammes par mètre et d'au plus 100 grammes par mètre, et de préférence entre 20 grammes par mètre et 50 grammes par mètre. Ce ruban de fibres est ensuite, par exemple, étiré jusqu'à l'obtention d'un stratifil, qui a, par exemple, un poids d'au moins 60 grammes par kilomètre linéaire et par exemple, d'au plus 8000 grammes par kilomètre linéaire. Ce stratifil hybride de fibres naturelles est, par exemple, utilisé en totalité ou en partie pour former l'élément de renforcement d'un composite renforcé par des fibres. Le stratifil obtenu a une densité apparente de $1,40 \text{ g/cm}^3$ ou moins, et de préférence de $1,35$ ou moins, et plus préférablement de $1,30 \text{ g/cm}^3$ ou moins.

[0020] Les modes de réalisation sont revendiqués dans les revendications.

[0021] Un mode de réalisation fournit un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu (également appelé ici « Renforcement en Fibres Naturelles de Faible Densité ») pour un composite renforcé par des fibres comprenant :

- au moins une fibre naturelle d'origine végétale d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins et ;
- au moins une fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type ;

dans lequel les fibres sont mélangées et peignées ensemble en un seul stratifil ou un seul ruban de fibres continu qui a une densité apparente égale ou inférieure à $1,40 \text{ g/cm}^3$, et de préférence $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins, et plus préférablement $1,30 \text{ g/cm}^3$ ou moins.

[0022] Selon un mode de réalisation, la fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins et la fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type sont orientées dans le sens de la longueur, par exemple sans torsion, ou avec une torsion minimale possible des fibres pour former un ruban de fibres continu ayant une densité apparente de $1,40 \text{ g/cm}^3$ ou moins.

[0023] Selon un mode de réalisation, la fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins et la fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type sont réparties dans le stratifil, l'étoupe ou le ruban de fibres continu, lesdits stratifil, étoupe ou ruban de fibres continu ayant par exemple un poids d'au moins 60 grammes par kilomètre linéaire et d'au plus 8000 grammes par kilomètre

linéaire.

- [0024] Selon un mode de réalisation, la fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente égale ou inférieure à $1,35 \text{ g/cm}^3$ est une fibre végétale peignée telle que le jute, le kéraf, la fibre de bananier ; ou d'autres fibres libériennes, de feuille, d'herbe, d'enveloppe, de graine ou de fruit, et dans laquelle la densité apparente est, par exemple, calculée en déterminant le volume extérieur de la fibre - y compris les vides internes qu'une résine formant la matrice d'un composite ne pourrait pas remplir - et en divisant la masse de la fibre par ce volume.
- [0025] Il existe différents types de fibres végétales dont la densité varie considérablement en fonction du climat de culture, de l'âge de la plante et de la variété spécifique (c'est-à-dire de l'espèce ou de la sous-espèce) de la plante. La fibre de bambou, par exemple, a été mesurée pour avoir une densité qui peut aller de $0,8 \text{ g/cm}^3$ à $1,6 \text{ g/cm}^3$. Une telle fibre peut être considérée comme une fibre végétale ayant une densité inférieure à $1,35 \text{ g/cm}^3$ à condition que la sélection des fibres soit effectuée de manière à maintenir globalement, et avec un niveau raisonnable de cohérence, une densité apparente du ruban de fibres continu résultant égale ou inférieure à $1,35 \text{ g/cm}^3$.
- [0026] Selon un mode de réalisation, la fibre naturelle d'un deuxième type est une fibre végétale telle que le chanvre, le lin, la ramie, l'abaca, l'alfa, la feuille d'ananas ou d'autres fibres libériennes, de feuilles, d'herbes, de cosses, de graines ou de fruits.
- [0027] Selon un mode de réalisation, le stratifil, l'étope ou le ruban de fibres continu est composé uniquement de fibres du premier et du deuxième type ainsi que d'impuretés inévitables.
- [0028] Selon un mode de réalisation, le stratifil, l'étope ou le ruban de fibres continu est composé uniquement de fibres du premier et du deuxième type, et de fibres fabriquées d'un matériau thermoplastique qui sont ensuite fondues pendant le cycle de durcissement du composite pour former la matrice composite.
- [0029] Selon un mode de réalisation, le stratifil, l'étope ou le ruban de fibres continu est composé de plus de deux types de fibres, pour une densité résultante inférieure ou égale à $1,40 \text{ g/cm}^3$.
- [0030] Un autre mode de réalisation prévoit une bande de renforcement composée d'au moins une étope comme indiqué ci-dessus.
- [0031] Un autre mode de réalisation prévoit un renforcement tressé composé d'au moins une étope comme indiqué ci-dessus.
- [0032] Un autre mode de réalisation prévoit un renforcement en tissu cousu, tissé ou collé sous une forme, composé d'au moins une étope comme indiqué ci-dessus.
- [0033] Un autre mode de réalisation prévoit un tissu de renforcement collé sous forme de feuille ou de rouleau, composé d'au moins un ruban de fibres naturelles continu, ou d'un « sliver » d'une densité de $1,40 \text{ g/cm}^3$ ou moins, ayant un poids linéaire d'au moins

5 grammes par mètre et d'au plus 100 grammes par mètre, et de préférence entre 20 grammes par mètre et 50 grammes par mètre. Ledit au moins ruban de fibres naturelles continu est, par exemple, étalé à plat et les fibres sont légèrement collées en position les unes par rapport aux autres à l'aide d'un adhésif naturel ou synthétique qui peut comprendre, par exemple, un système préimprégné époxy en deux étapes.

- [0034] Un autre mode de réalisation prévoit un composite renforcé par des fibres comprenant un élément de renforcement comprenant au moins un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu comme indiqué ci-dessus, placé ou incorporé dans une matrice thermdurcissable ou thermoplastique, c'est-à-dire une matrice formée, par exemple, d'une résine plastique thermdurcissable ou thermoplastique.
- [0035] Un autre mode de réalisation prévoit un composite renforcé par des fibres comprenant un élément de renforcement comprenant une pluralité de stratifiés ou de couches comme indiqué ci-dessus et/ou de l'un des renforcements comme indiqués ci-dessus placés ou incorporés dans une matrice thermdurcissable ou thermoplastique, c'est-à-dire une matrice formée par exemple d'une résine plastique thermdurcissable ou thermoplastique.
- [0036] Un autre mode de réalisation prévoit un manche pour la propulsion ou le soutien athlétique, tel qu'un bâton de trekking ou un manche de club de golf, fabriqué à partir du composite renforcé par des fibres susmentionné.
- [0037] Un autre mode de réalisation prévoit une raquette ou une pagaie comprenant un manche ou un corps fabriqué à partir du composite renforcé par des fibres susmentionné.
- [0038] Un autre mode de réalisation prévoit un mât de voilier ou un autre composant comprenant le composite renforcé par des fibres susmentionné.
- [0039] Un autre mode de réalisation prévoit une pale d'éolienne comprenant le composite renforcé par des fibres susmentionné.
- [0040] Un autre mode de réalisation prévoit un panneau automobile ou un composant structurel comprenant le composite renforcé par des fibres susmentionné.
- [0041] Un autre mode de réalisation prévoit une méthode de formation d'un stratifil, d'une étoupe ou d'un ruban de fibres continu pour un composite renforcé par des fibres, comprenant : le peignage ou le doublage d'au moins une fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins ; et d'au moins une fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type et l'étirage de ces fibres pour former un seul stratifil, étoupe ou ruban de fibres continu.

Brève description des dessins

- [0042] Les caractéristiques et avantages susmentionnés, ainsi que d'autres, seront décrits en détail dans la description suivante de modes de réalisation spécifiques donnés à titre

illustratif et non limitatif en référence aux dessins ci-joints, dans lesquels :

- [0043] La [Fig.1] représente un filament continu et un stratifil formé de filaments continus ;
- [0044] La [Fig.2] représente un filament de longueur finie et un stratifil formé de filaments de longueur finie ;
- [0045] La [Fig.3] représente un filament naturel végétal de longueur finie formé de fibres d'un premier type ; un filament naturel supplémentaire de longueur finie formé de fibres d'un deuxième type ; des rubans formés de ces filaments de longueur finie ; et un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu, formés de ces filaments selon un mode de réalisation de la présente divulgation ;
- [0046] La [Fig.4] représente un filament de longueur finie ayant une première longueur, formé de fibres naturelles végétales d'un premier type ; un filament naturel supplémentaire de longueur finie ayant une deuxième longueur et formé de fibres naturelles d'un deuxième type ; des rubans formés de ces filaments de longueur finie ; et un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu formés de ces filaments selon une réalisation de la présente divulgation ;
- [0047] La [Fig.5] représente un tissu de renforcement unidirectionnel composé d'étoupes de fibres de renforcement telles que décrites ci-dessus ;
- [0048] La [Fig.6] représente un tissu cousu unidirectionnel composé d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étoupe telle que décrite ci-dessus ;
- [0049] La [Fig.7] représente un tissu cousu multiaxial composé de d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étoupe telle que décrite ci-dessus ;
- [0050] La [Fig.8] représente un tissu multiaxial tissé composé d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étoupe telle que décrite ci-dessus ;
- [0051] La [Fig.9] représente une tresse tubulaire composée d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étoupe telle que décrite ci-dessus ;
- [0052] La [Fig.10] représente un tissu unidirectionnel comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situés à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus ;
- [0053] La [Fig.11] représente un tissu biaxial comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus ;
- [0054] La [Fig.12] représente un tissu sergé 2x1 comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus ; et
- [0055] La [Fig.13] représente un tissu à armure toile comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus.

Description des modes de réalisation

- [0056] Les caractéristiques similaires ont été désignées par des références similaires dans les différentes figures. En particulier, les caractéristiques structurelles et/ou fonctionnelles communes aux différents modes de réalisation peuvent avoir les mêmes références et

présenter des propriétés structurelles, dimensionnelles et matérielles identiques.

- [0057] Dans la présente divulgation, sauf indication contraire, lorsqu'il est fait référence à des qualificatifs de position absolue, tels que les termes « avant », « arrière », « haut », « bas », « gauche », « droite », etc., ou à des qualificatifs de position relative, tels que les termes « au-dessus », « au-dessous », « plus haut », « plus bas », etc. ou à des qualificatifs d'orientation, tels que « horizontal », « vertical », etc., il est fait référence à l'orientation indiquée dans les figures.
- [0058] Sauf indication contraire, les expressions « environ », « approximativement », « substantiellement » et « de l'ordre de » signifient à 10 % près, et de préférence à 5 % près.
- [0059] La [Fig.3] représente un filament naturel végétal de longueur finie 301 et formé de fibres d'un premier type ; un filament naturel supplémentaire de longueur finie 311 et formé de fibres d'un deuxième type ; des rubans 340, 341 formés de ces filaments de longueur finie ; et un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu 300 formé de filaments selon un mode de réalisation de la présente divulgation.
- [0060] La [Fig.4] représente un filament de longueur finie 401 ayant une première longueur et formé de fibres naturelles végétales d'un premier type ; un filament naturel supplémentaire de longueur finie 411 ayant une deuxième longueur et formé de fibres naturelles d'un deuxième type ; des rubans 440, 441 formés de ces filaments de longueur finie ; et un stratifil, une étoupe ou un ruban de fibres continu 400 formé de ces filaments selon un mode de réalisation de la présente divulgation.
- [0061] Une « fibre naturelle » est une fibre minérale, végétale ou animale dont la longueur préparée est, par exemple, supérieure à 50 mm et qui possède des propriétés mécaniques souhaitables pour le renforcement des FRC. Des exemples incluent les fibres de basalte et les fibres de bore (toutes deux à base de minéraux) ; les fibres de lin, de chanvre, de ramie, de bambou, de feuille d'ananas, de sisal, de kénaf, de feuille de bananier et de coco (toutes à base de végétaux) ; et les fibres de soie, de poils d'animaux et de séreuse (toutes à base d'animaux). Aux fins du présent brevet, les fibres minérales, végétales et animales sont considérées comme des « classes » de fibres naturelles ; le basalte, le bore, le lin, la ramie, le bambou, la soie, etc. sont considérés comme des « types » de fibres.
- [0062] Un « ruban de fibres continu » (également connu sous le nom de « top » ou « sliver ») est un fil lâche, souple et non tordu de fibres coïncidentes ayant une épaisseur à peu près uniforme et une orientation cohérente des fibres sur toute la longueur du ruban. Il est, par exemple, fabriqué par le processus de cardage, qui aligne et sépare les fibres brutes pour les préparer à la production de stratifils.
- [0063] La « densité apparente » est définie comme la densité d'une fibre calculée en divisant la masse de la fibre par le volume défini par sa surface extérieure, y compris les vides

internes qu'une résine formant la matrice d'un composite ne pourrait pas remplir. La densité apparente diffère de la « densité absolue » en ce sens que la densité absolue est calculée en divisant la masse de la fibre par le volume de gaz qu'elle déplace dans un environnement contrôlé, ce qui exclut du volume tout vide à l'intérieur de la structure de la fibre.

- [0064] Densité apparente (g/cm^3) de fibres végétales sélectionnées :
- Cellulose extraite - 1,58 ;
 - Lin - 1,50 ;
 - Ramie - 1,47 ;
 - Chanvre - 1,46 ;
 - Feuille d'ananas - 1,38 ;
 - Ortie européenne - 1,29 ;
 - Jute - 1,09 ;
 - Kénaf - 1,10 ;
 - Banane - 0,83.
- [0065] Les stratifils obtenus peuvent ensuite être utilisées dans un processus tel que l'enroulement filamentaire ou incorporées comme bande de renforcement unidirectionnelle dans une matrice, ou peuvent être incorporées comme étoupes dans un tissu tressé, tissé ou cousu dans une construction multiaxiale ou unidirectionnelle.
- [0066] Les fibres qui sont combinées pour produire le stratifil ont chacune, par exemple, une longueur finie d'au moins 50 mm et d'au plus 1500 mm ([Fig.4]). Afin d'adapter davantage les performances du stratifil, les différents types de fibres (401 et 411) peuvent avoir des longueurs moyennes différentes, de sorte que les fibres d'un premier type peuvent avoir une longueur comprise, par exemple, entre 300 et 400 mm, tandis que les fibres du deuxième type peuvent avoir une longueur comprise, par exemple, entre 120 et 180 mm, par exemple.
- [0067] Les stratifils et/ou les tissus peuvent être combinés avec n'importe quel système de résine thermodurcissable ou thermoplastique pour former un FRC.
- [0068] Les stratifils peuvent être créés avec plus de deux types de fibres.
- [0069] Les étoupes peuvent être incorporés dans un tissu de telle sorte qu'au moins une étoupe dans au moins un axe utilise la construction « Low-Density Natural-Fiber Reinforcement » (Renforcement en Fibres Naturelles de Faible Densité).
- [0070] Les Renforcements en Fibres Naturelles de Faible Densité peuvent être incorporés dans un tissu cousu, tissé ou tressé sans autres étoupes de fibres, ou une étoupe peut être créée en utilisant des Renforcements en Fibres Naturelles de Faible Densité et incorporé dans un tissu avec des étoupes autres que les Renforcements en Fibres Naturelles de Faible Densité.
- [0071] Les tissus peuvent comprendre au moins un Renforcement en Fibres Naturelles de

Faible Densité et au moins un stratifil ou une étoupe supplémentaire dans le même axe ou dans un axe alternatif, et ces stratifils ou ces étoupes peuvent être espacés les uns des autres de manière à former une structure ouverte de type maille ou grille qui est maintenue, mécaniquement ou chimiquement, cohérente.

- [0072] Les stratifils, les étoupes et les tissus créés à partir des Renforcements en Fibres Naturelles de Faible Densité peuvent contenir des résines, des filaments à base de résine (tels que l'acide poly-lactique, la polyoléfine ou le polyamide) ou d'autres produits chimiques supplémentaires afin d'adapter les performances du FRC résultant.
- [0073] Les avantages de la solution divulguée sont multiples :
- [0074] 1) Bien qu'il existe une limite à la résistance d'une fibre à base de cellulose, qui n'est pas chimiquement modifiée ou carbonisée, et que cette limite soit généralement considérée comme se situant entre 1200 et 1500 MPa, il est possible d'améliorer le rapport résistance/poids et le rapport rigidité/poids des composites à base de fibres naturelles en utilisant des fibres de plus faible densité. Si, par exemple, deux fibres ont des propriétés mécaniques similaires, la première fibre ayant une résistance inférieure de 10 % à celle de la seconde, mais aussi une densité inférieure de 20 %, selon la Loi des Mélanges, le mélange de fibres présentera à la fois un rapport résistance/poids supérieur à celui de l'une ou l'autre des fibres individuelles, et une résistance ultime supérieure à celle de la fibre la plus légère.
- [0075] 2) Les recherches menées par l'inventeur sur la résistance et la rigidité à la flexion, ainsi que sur la résistance et la rigidité à la traction de certaines combinaisons de fibres naturelles, telles que le lin et le jute par exemple, montrent une amélioration de 10 % à plus de 100 % par rapport aux performances mécaniques spécifiques attendues sur la base des prévisions de la Loi des Mélanges lorsque les fibres sont mélangées dans un stratifil. La même recherche montre que d'autres combinaisons, comme le lin et la fibre de feuille d'ananas par exemple, peuvent présenter des caractéristiques mécaniques spécifiques inférieures de 10 à 30 % à celles prévues par la Loi des Mélanges.
- [0076] 3) L'hybridation du renforcement composite au niveau du stratifil pour augmenter l'homogénéité des fibres dans la matrice permet une résistance plus efficace aux charges entre les différentes fibres et une diminution des microfractures dans la matrice où les caractéristiques mécaniques des stratifils alternés ont provoqué des remontées de contraintes.
- [0077] 4) L'extrême rigidité des fibres de carbone à haut module a permis d'obtenir une épaisseur de paroi exceptionnellement fine pour les pièces composites. La densité typique de la fibre de carbone est d'environ 1,8 g/cm³. Bien que beaucoup moins rigide que la fibre de carbone à haut module et nécessitant une paroi plus épaisse pour obtenir la même rigidité, la fibre de verre a une densité de 2,7-3,0 g/cm³, ce qui la rend beaucoup moins efficace pour produire de la rigidité. Les Renforcements en Fibres Na-

turelles de Faible Densité décrits dans la présente divulgation ont été mesurés pour avoir une densité apparente comprise entre 0,9 et 1,4 g/cm³ et une rigidité spécifique similaire à celle de la fibre de carbone de module standard et peuvent être utilisés dans les composites avec une épaisseur de paroi plus importante que celle de la fibre de carbone pour une masse de fibres correspondante afin d'améliorer la durabilité.

- [0078] 5) En hybridant des stratifils composés de fibres de différents types et/ou de différentes classes, et éventuellement de différentes longueurs, il est possible d'adapter les performances du stratifil à une application. Par exemple, une combinaison de fibres ayant une densité de 1,40 g/cm³ ou moins, composée d'une première fibre naturelle peignée ayant une densité inférieure à 1,35 g/cm³ et d'une fibre de lin dans un rapport 50/50, est capable d'améliorer la performance spécifique à la traction de 15 % par rapport à la fibre de lin et d'augmenter la performance spécifique à la flexion de 25 % ; tandis qu'une combinaison ayant une densité de 1.40 g/cm³ ou moins, composée d'une troisième fibre avec ces deux mêmes fibres dans un rapport de 50/25/25, est capable de produire une augmentation de la performance spécifique de flexion de 80 % par rapport à la fibre de lin avec seulement une réduction de 10 % des propriétés de résistance à la traction.
- [0079] Des exemples de tissus comprenant des stratifils ou des étoupes tels que décrits ici sont illustrés aux figures 5 à 13, ces tissus étant par exemple similaires à ceux décrits dans la publication PCT WO2020/222045, mais dont l'étope ou le stratifil de cette publication ont été remplacée par l'étope ou le stratifil décrite ici.
- [0080] La [Fig.5] représente un tissu de renforcement unidirectionnel composé d'étoupes de fibres de renforcement tels que décrits ci-dessus.
- [0081] La [Fig.6] représente un tissu cousu unidirectionnel composé d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étope tel que décrite ci-dessus.
- [0082] La [Fig.7] représente un tissu cousu multiaxial composé d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étope tel que décrite ci-dessus.
- [0083] La [Fig.8] représente un tissu tissé multiaxial composé d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étope tel que décrite ci-dessus.
- [0084] La [Fig.9] représente une tresse tubulaire composée d'étoupes de fibres de renforcement utilisant au moins une étope tel que décrite ci-dessus.
- [0085] La [Fig.10] représente un tissu unidirectionnel comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus.
- [0086] La [Fig.11] représente un tissu biaxial comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus.
- [0087] La [Fig.12] représente un tissu sergé 2x1 comprenant des étoupes alternées de fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus.
- [0088] La [Fig.13] représente un tissu à armure toile comprenant des étoupes alternées de

fibres de renforcement situées à cheval sur des étoupes telles que décrites ci-dessus.

- [0089] Dans les figures 5 à 13, les références désignent ce qui suit :
- tissu de renforcement unidirectionnel 500 ;
 - tissu unidirectionnel (UD) cousu 600 ;
 - les étoupes décrites ci-dessus, disposés en bandes 602 ;
 - le fil supplémentaire 604 ;
 - tissu cousu multiaxial 700 ;
 - étoupes 702 ;
 - couture 704 ;
 - tissu multiaxial tissé 800 ;
 - étoupes dans le sens vertical 802 ;
 - étoupes 804 dans le sens horizontal ;
 - tresse tubulaire 900 ;
 - étoupes 902 ;
 - tissu unidirectionnel 1000 ;
 - stratifil 1002 telle que décrite ici ;
 - autres stratifils 1004 formés d'autres matériaux ;
 - tissu biaxial 1100 ;
 - deux couches 1102, 1104 de tissu unidirectionnel ;
 - tissu sergé 2x1 1200 ;
 - étoupe 1002 tel que décrite ici ;
 - autres étoupes 1004 ;
 - tissu à armure toile 1300.
- [0090] Diverses réalisations et variantes ont été décrites. Les personnes compétentes en la matière comprendront que certaines caractéristiques de ces modes de réalisation peuvent être combinées et que d'autres variantes se présenteront facilement aux personnes compétentes en la matière.
- [0091] Enfin, la mise en œuvre pratique des modes de réalisation et des variantes décrites dans la présente divulgation est à la portée des personnes compétentes en la matière, sur la base de la description fonctionnelle fournie ci-dessus.

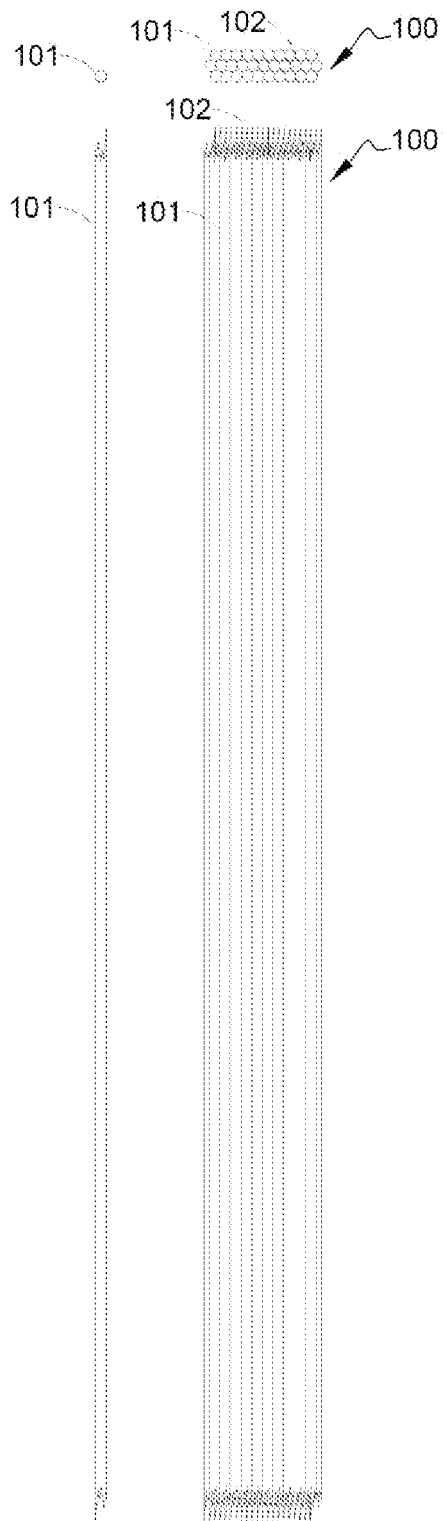
Revendications

- [Revendication 1] Une étoupe pour un composite renforcé par des fibres comprenant :
- au moins une fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins ; et
 - au moins une fibre naturelle supplémentaire d'un deuxième type, dans lequel les fibres sont mélangées et peignées ensemble pour former un seul ruban de fibres continu dont la densité apparente est égale ou inférieure à $1,40 \text{ g/cm}^3$.
- [Revendication 2] L'étoupe de la revendication 1, dans lequel la fibre naturelle végétale d'un premier type et une fibre naturelle d'un deuxième type sont orientées dans le sens de la longueur, par exemple sans torsion, ou avec une torsion minimale réalisable pour les fibres, afin de former un ruban de fibres continu ayant un poids linéaire d'au moins 5 grammes par mètre et d'au plus 100 grammes par mètre, et plus préférablement entre 20 grammes par mètre et 50 grammes par mètre.
- [Revendication 3] L'étoupe de la revendication 1 ou 2, dans laquelle la fibre naturelle végétale d'un premier type et la fibre naturelle d'un deuxième type sont réparties dans l'étoupe, l'étoupe ayant un poids d'au moins 60 g par kilomètre linéaire et d'au plus 8 000 g par kilomètre linéaire.
- [Revendication 4] L'étoupe de l'une des revendications 1 à 3, dans lequel la première fibre naturelle est une fibre végétale peignée telle que le jute, le kénaf, le bananier ou d'autres fibres libériennes, de feuille, d'herbe, d'enveloppe, de graine ou de fruit ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins, la densité apparente étant, par exemple, calculée en déterminant le volume extérieur de la fibre - y compris les vides internes qu'une résine formant la matrice d'un composite ne pourrait pas remplir - et en divisant la masse de la fibre par ce volume.
- [Revendication 5] L'étoupe de l'une des revendications 1 à 4, composé uniquement de fibres du premier et du second type, et d'impuretés inévitables.
- [Revendication 6] L'étoupe de l'une des revendications 1 à 4, composé uniquement de fibres du premier et du second type, qui se combinent pour avoir une densité apparente de $1,40 \text{ g/cm}^3$ ou moins, et de fibres formées d'un matériau thermoplastique apte à être fondu lors d'un cycle de durcissement du composite pour former une matrice du composite.
- [Revendication 7] L'étoupe de l'une des revendications 1 à 4 et 6, composé de plus de deux types de fibres naturelles.
- [Revendication 8] Une bande de renforcement composée d'au moins une étoupe selon l'une

- des revendications 1 à 7.
- [Revendication 9] Un renforcement tressé composé d'au moins une étoupe selon l'une des revendications 1 à 7.
- [Revendication 10] Un renforcement en tissu cousu, tissé ou collé sous une forme, composé d'au moins une étoupe selon l'une des revendications 1 à 7.
- [Revendication 11] Un tissu de renforcement collé sous forme de feuille ou de rouleau, composé d'au moins un des rubans de fibres naturelles continus selon l'une des revendications 1 à 7, ayant une densité de $1,40 \text{ g/cm}^3$ ou moins, ayant un poids linéaire d'au moins 5 grammes par mètre et d'au plus 100 grammes par mètre, et plus préférablement entre 20 grammes par mètre et 50 grammes par mètre.
- [Revendication 12] Un composite renforcé par des fibres comprenant un élément de renforcement comprenant une pluralité d'étoupes selon l'une des revendications 1 à 7, situés ou incorporés dans une matrice formée d'une résine plastique thermodurcissable ou thermoplastique.
- [Revendication 13] Un composite renforcé par des fibres comprenant un élément de renforcement comprenant une pluralité d'étoupes de l'une des revendications 1 à 7 et/ou l'un des renforcements des revendications 8 à 11 situés ou incorporés dans une matrice formée d'une résine plastique thermodurcissable ou thermoplastique.
- [Revendication 14] Un manche de propulsion ou de soutien athlétique, tel qu'un bâton de trekking ou un manche de club de golf, comportant une couche structurelle formée du composite renforcé par des fibres de la revendication 12 ou 13.
- [Revendication 15] Une raquette ou une pagaie comprenant un manche ou un corps ayant une couche structurelle formée du composite renforcé par des fibres de la revendication 12 ou 13.
- [Revendication 16] Un mât de voilier formé du composite renforcé par des fibres de la revendication 12 ou 13.
- [Revendication 17] Une pale d'éolienne formée du composite renforcé par des fibres de la revendication 12 ou 13.
- [Revendication 18] Un panneau automobile formé du composite renforcé par des fibres de la revendication 12 ou 13.
- [Revendication 19] Procédé de formation d'une étoupe pour un composite renforcé par des fibres, comprenant :
- le mélange, le peignage ou le doublage d'au moins une fibre naturelle végétale peignée d'un premier type ayant une densité apparente de $1,35 \text{ g/cm}^3$ ou moins et d'au moins une autre fibre d'un deuxième type pour

former une étoupe unique, dans lequel les fibres sont mélangées, peignées ou doublées pour former une seule étoupe ou un seul ruban de fibres continu qui a une densité apparente égale ou inférieure à 1,40 g/cm³.

[Fig. 1]

**Fig. 1**

[Fig. 2]

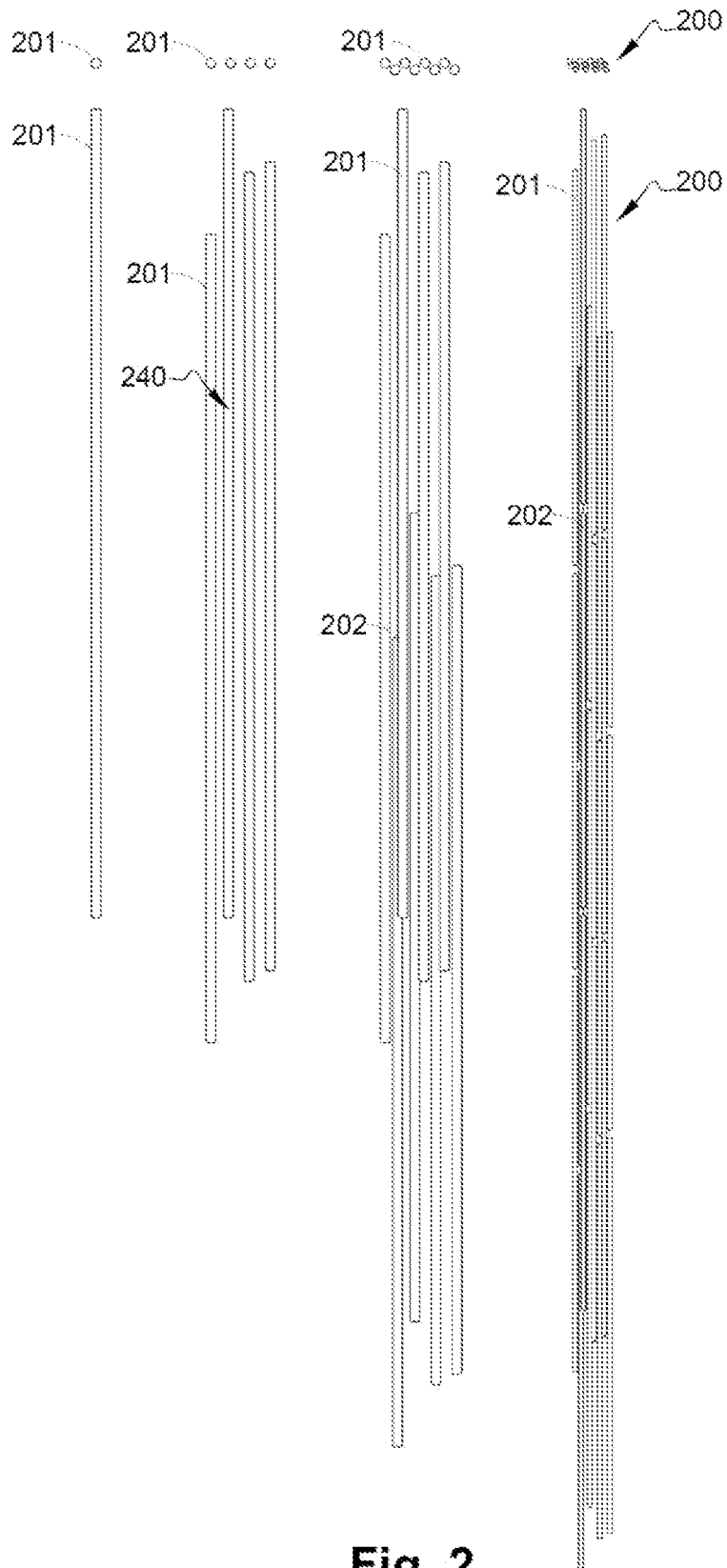


Fig. 2

[Fig. 3]

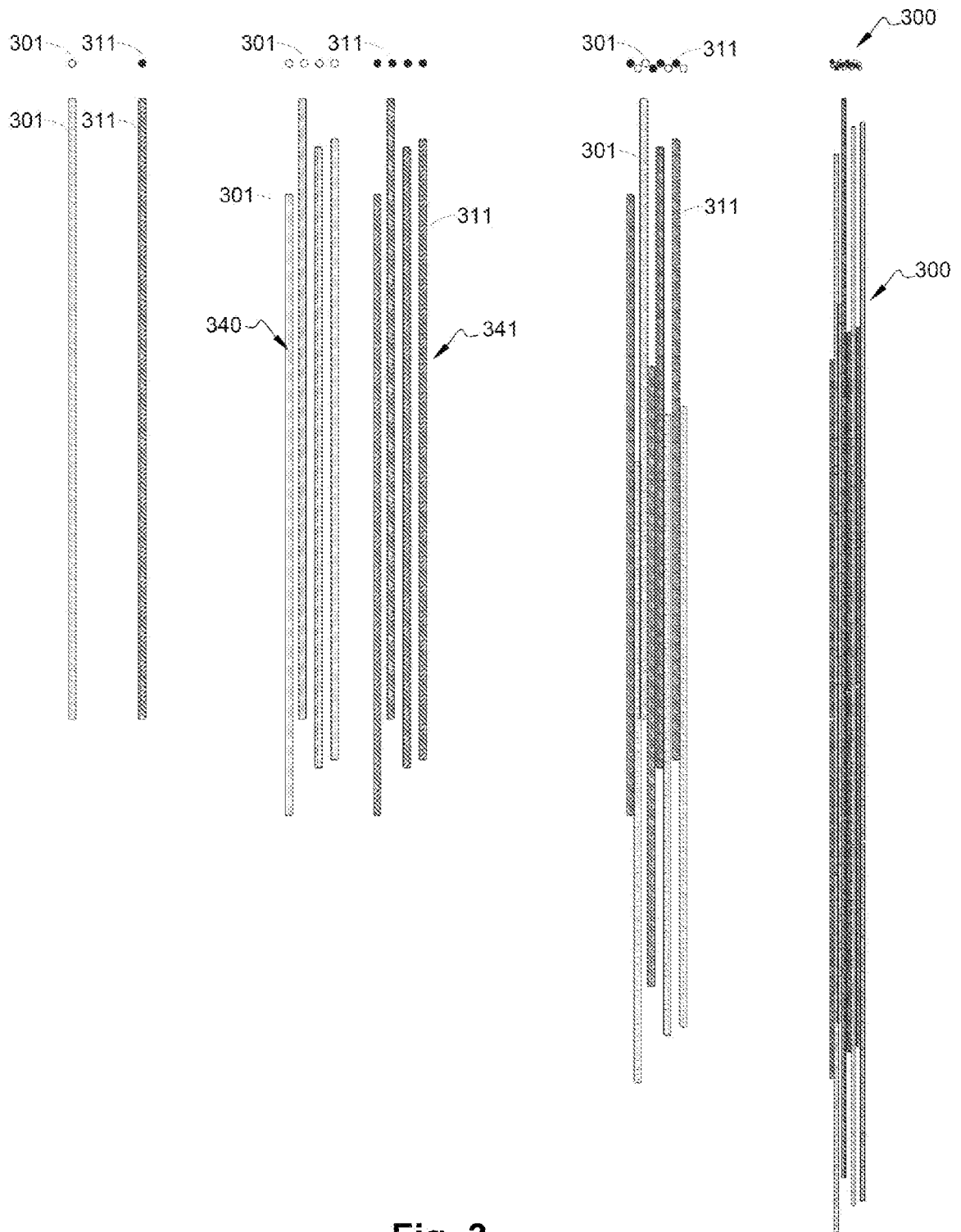


Fig. 3

[Fig. 4]

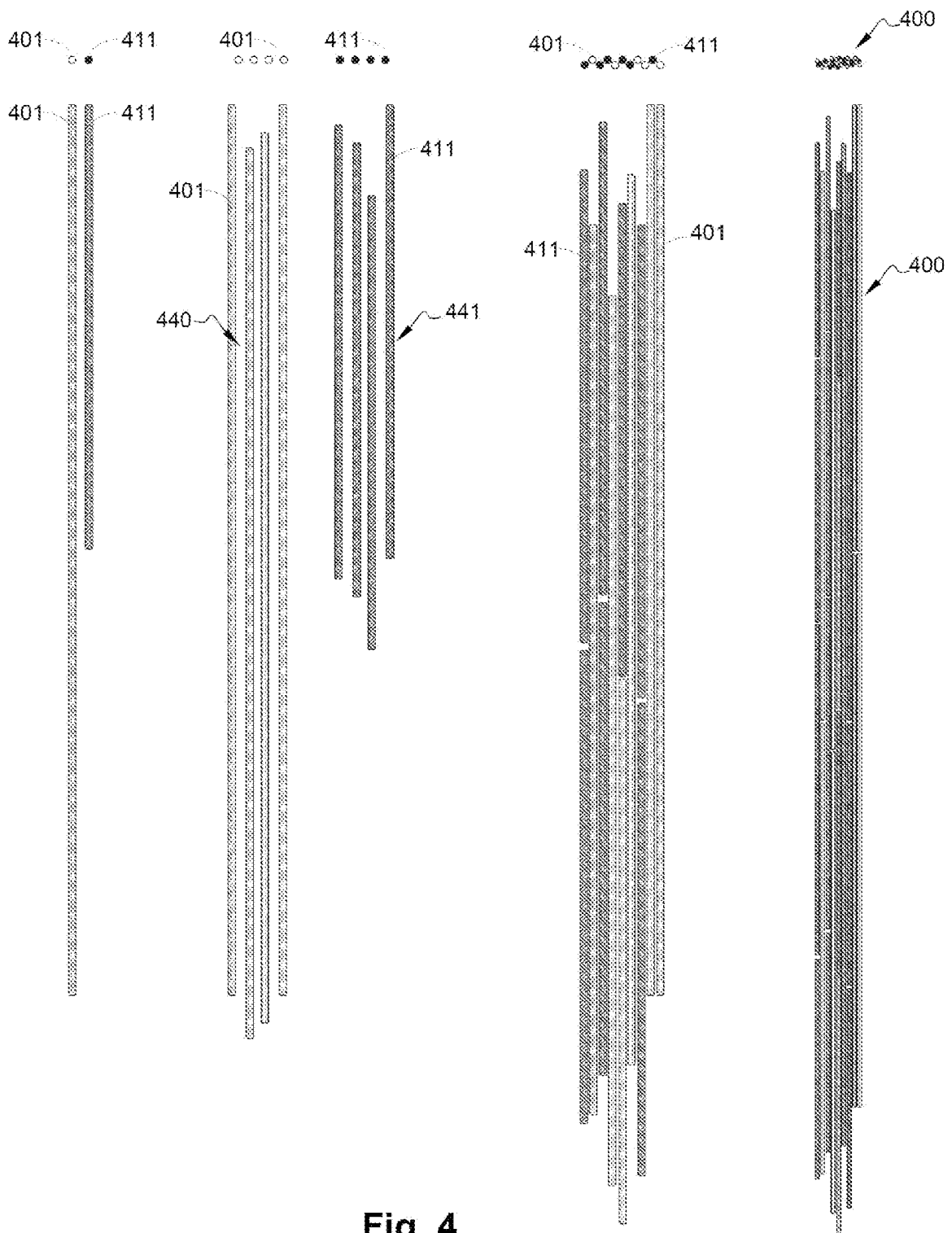


Fig. 4

[Fig. 5]

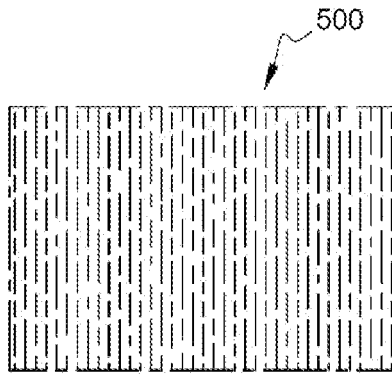


Fig. 5

[Fig. 6]

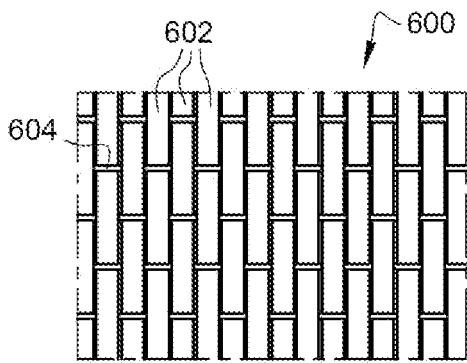


Fig. 6

[Fig. 7]

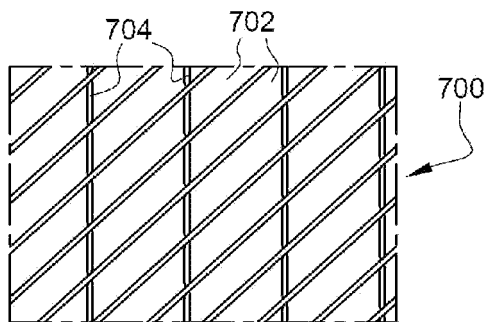


Fig. 7

[Fig. 8]

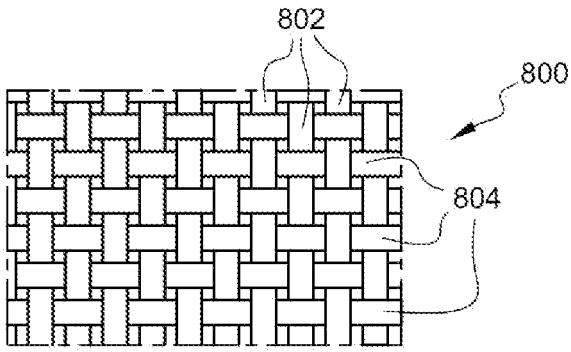


Fig. 8

[Fig. 9]

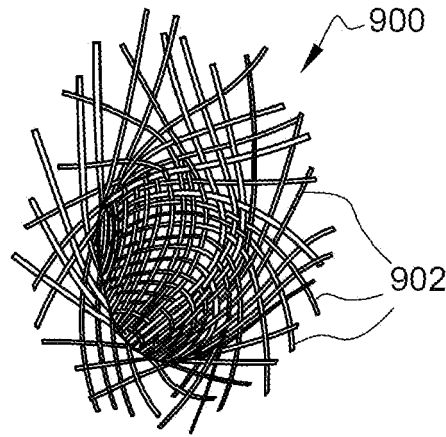


Fig. 9

[Fig. 10]

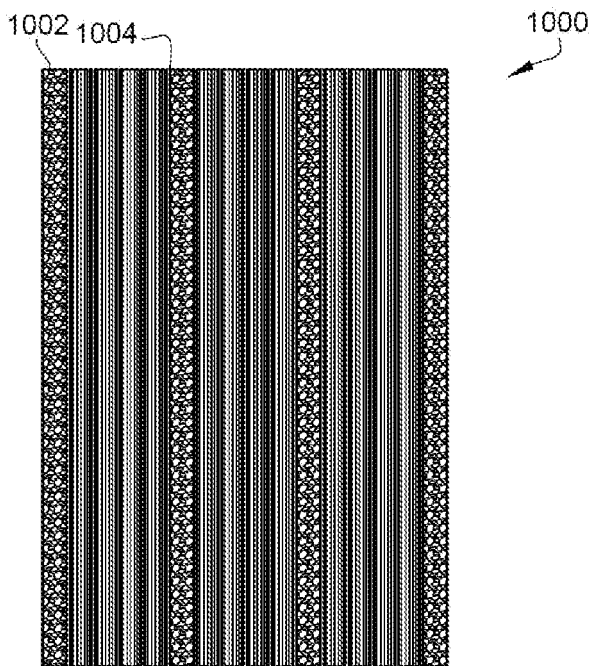
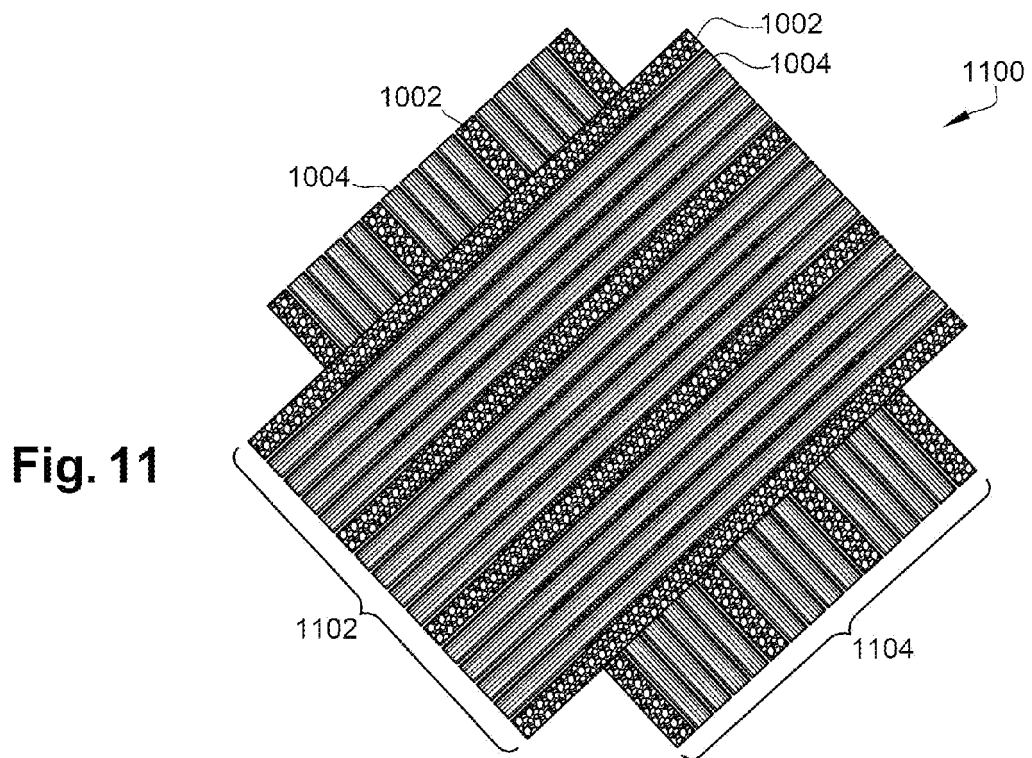
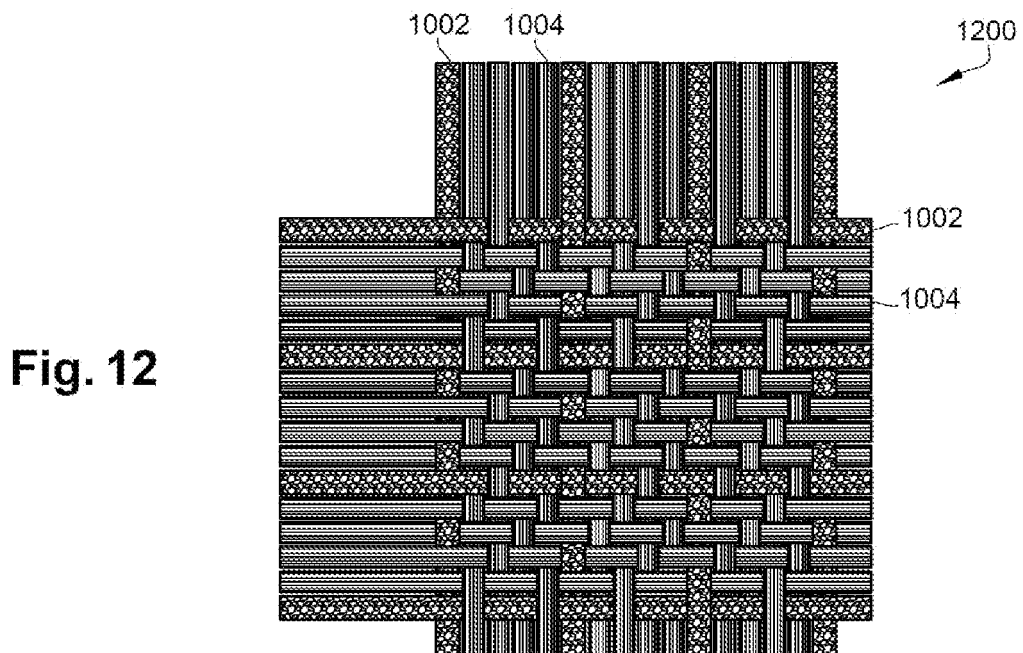


Fig. 10

[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]

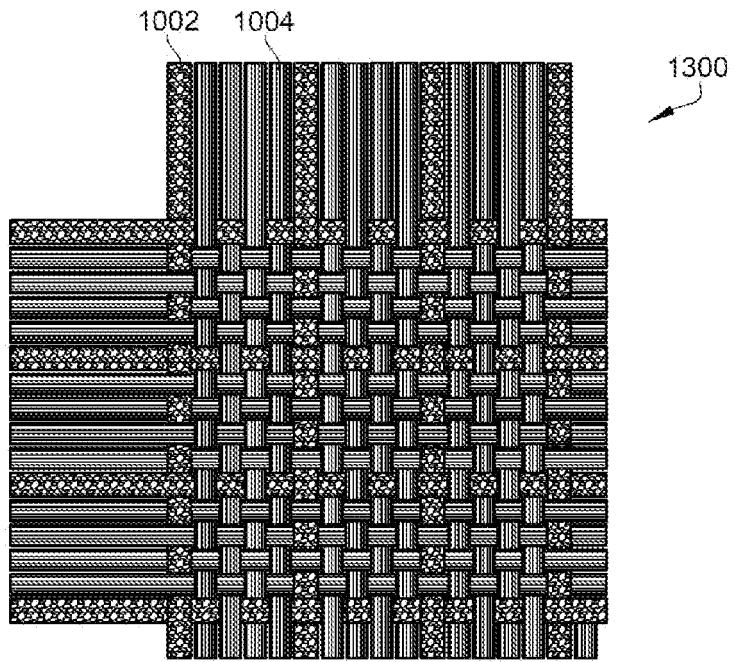


Fig. 13

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 921866
FR 2304110

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
Y	FR 3 125 542 A1 (PDA ECOLAB [FR]) 27 janvier 2023 (2023-01-27) * le document en entier * -----	1-19	A63B 49/00 A63B 53/10 A63C 11/22 B29B 15/08
Y	WO 2018/202918 A1 (ROQUETTE FRERES [FR]) 8 novembre 2018 (2018-11-08) * page 1, ligne 6 - page 3, ligne 31 * * page 13, ligne 18 - page 14, ligne 21 * -----	1-19	B29C 70/20 B62D 29/04 B63B 15/00 B63H 16/04 D02G 3/04
A	YUSOFF ROSNI BINTI ET AL: "Tensile and flexural properties of polylactic acid-based hybrid green composites reinforced by kenaf, bamboo and coir fibers", INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS, ELSEVIER, NL, vol. 94, 20 septembre 2016 (2016-09-20), pages 562-573, XP029780586, ISSN: 0926-6690, DOI: 10.1016/J.INDCROP.2016.09.017 * 1. Introduction; page 562 - page 563 * * 2.5 Tensile testing of hybrid green composites; page 566 - page 567; tableau 2 * ----- -/--	1	D04D 9/04 D04H 3/015
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			D02G B29B B29C C08J
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mars 2024		Pollet, Didier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
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 bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 921866
FR 2304110

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	<p>KUMAR ARUN ET AL: "Recent developments of 1 lignocellulosic natural fiber reinforced hybrid thermosetting composites for high-end structural applications: a review", JOURNAL OF POLYMER RESEARCH, SPRINGER NETHERLANDS, DORDRECHT, vol. 28, no. 12, 12 novembre 2021 (2021-11-12), XP037643565, ISSN: 1022-9760, DOI: 10.1007/S10965-021-02788-4 [extrait le 2021-11-12] * page 1 – page 3 * * page 19; tableaux 3,5 * -----</p>	1	
A	<p>BENKHELLADI ASMA ET AL: "Tensile and 1 flexural properties of polymer composites reinforced by flax, jute and sisal fibres", THE INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGY, SPRINGER, LONDON, vol. 108, no. 3, 1 mai 2020 (2020-05-01), pages 895-916, XP037186453, ISSN: 0268-3768, DOI: 10.1007/S00170-020-05427-2 [extrait le 2020-05-24] * page 895 – page 897 * * page 912 * -----</p>	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
22 mars 2024		Pollet, Didier	
<p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>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</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant</p>			

1

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2304110 FA 921866**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **22-03-2024**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 3125542 A1	27-01-2023	FR 3125542 A1	27-01-2023
		WO 2023002043 A1	26-01-2023

WO 2018202918 A1	08-11-2018	CA 3062509 A1	08-11-2018
		CN 110573558 A	13-12-2019
		EP 3619256 A1	11-03-2020
		FR 3065958 A1	09-11-2018
		JP 2020518691 A	25-06-2020
		KR 20200004796 A	14-01-2020
		US 2020190273 A1	18-06-2020
		WO 2018202918 A1	08-11-2018
