

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 22.12.09.

30 Priorité : 04.03.09 US 12397685.

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.09.10 Bulletin 10/36.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : GOODRICH CORPORATION — US.

72 Inventeur(s) : WALL JOHN, FIALA ROBERT et DELANOY JESSE.

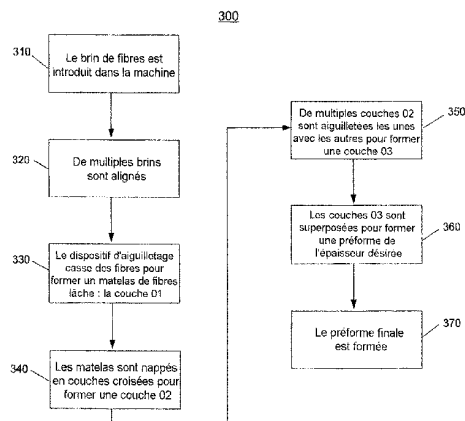
73 Titulaire(s) : GOODRICH CORPORATION.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 PREFORME A BASSE TENEUR EN FIBRES Z.

57 Une méthode pour la formation d'une structure fibreuse tridimensionnelle comprend la fourniture d'une première couche fibreuse, la première couche fibreuse étant alignée dans le sens machine. Au moins une couche fibreuse additionnelle est superposée avec la première couche fibreuse, la direction d'alignement de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle étant à un angle aigu par rapport au sens machine. La première couche fibreuse et ladite au moins une couche fibreuse additionnelle sont aiguilletées l'une avec l'autre à une densité d'aiguilletage supérieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré, en formant un premier matelas fibreux combiné. Le matelas fibreux combiné est superposé avec au moins un matelas fibreux combiné additionnel et aiguilleté à une densité d'aiguilletage inférieure à approximativement 60 perforations d'aiguilles par centimètre carré, en formant une structure fibreuse tridimensionnelle.

FEUILLE DE REMPLACEMENT



## PREFORME A BASSE TENEUR EN FIBRES Z

Le présent descriptif concerne, d'une manière générale, la fabrication de matériaux et de pièces composites. Plus particulièrement, l'invention concerne une méthode et un système pour la fabrication d'une préforme en carbone à teneur ultra basse en fibres Z.

Les pièces carbone/carbone sont employées dans diverses industries. Les pièces carbone/carbone sont utilisées, entre autres, sous forme de disques de friction tels que les disques de freins des avions, les freins rotors des hélicoptères, les embrayages des soufflantes de sustentation, ainsi que les disques de freins et les disques d'embrayage des voitures de course. Les disques de freins carbone/carbone sont particulièrement utiles dans ces applications en raison des caractéristiques supérieures à haute température du matériau C/C. En particulier, le matériau carbone/carbone est un bon conducteur de chaleur et il est capable de dissiper la chaleur dégagée durant le freinage, en l'éloignant des surfaces de friction. Le matériau carbone/carbone est aussi hautement résistant aux dommages thermiques, et il est ainsi capable de supporter la friction entre les surfaces de freinage durant un freinage sévère sans réduction significative du coefficient de friction ni défaillance mécanique.

Le matériau carbone/carbone est couramment formé par utilisation de fibres continues de polyacrylonitrile (PAN) oxydé, que l'on appelle des fibres « FPO ». Ces fibres FPO sont les précurseurs des fibres de carbone et sont utilisées pour fabriquer une forme préformée constituée de couches multiples. Typiquement, deux couches ou plus sont positionnées sur une plaque de support, puis aiguilletées les unes avec les autres, simultanément ou dans une série d'étapes d'aiguilletage. Durant le procédé d'aiguilletage, de multiples aiguilles à barbes sont enfoncées dans les couches fibreuses pour déplacer une portion des fibres horizontales dans la direction Z. Cette action interconnecte les couches de fibres horizontales en formant une plaque multicouches. Le transport des fibres par les aiguilles à barbes dépend de la rigidité et du degré de liberté des fibres, ainsi que d'autres paramètres. La nature polymère des fibres FPO permet le transport des fibres à module bas dans la direction Z.

Quand le procédé d'aiguilletage est terminé, les fibres FPO doivent être carbonisées à hautes températures dans un environnement contrôlé, pour transformer la préforme en un substrat à haute teneur en carbone. Durant le

procédé de carbonisation, la préforme perd approximativement 50 % de sa masse et subit une nette augmentation de densité des fibres. Après cette opération en discontinu, le substrat en carbone fibreux ainsi obtenu est densifié par dépôt chimique en phase vapeur (DCV) de carbone pyrolytique jusqu'à ce que le composite atteigne le niveau de densité désiré.

Le contrôle de la vitesse du procédé d'aiguilletage, ainsi que de la quantité et de la répartition des fibres Z, est une étape importante dans la production d'une préforme. Un volume plus élevé de fibres Z dans la préforme prévient le délaminage lors de la transformation ultérieure. On a besoin d'une méthode qui permette de diminuer la quantité des fibres déplacées dans la direction Z et d'obtenir des volumes de fibres de carbone plus élevés dans le composite, sans sacrifier les caractéristiques générales du composite.

Une méthode pour la formation d'une structure fibreuse tridimensionnelle par aiguilletage est décrite. La méthode comprend la fourniture d'une première couche fibreuse, la première couche fibreuse étant alignée dans le sens machine. La méthode comprend en outre la superposition d'au moins une couche fibreuse additionnelle avec la première couche fibreuse, la direction d'alignement de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle étant à un angle aigu par rapport au sens machine. La méthode comprend en outre l'aiguilletage de la première couche fibreuse et de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle l'une avec l'autre, à une densité d'aiguilletage supérieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré, en formant un premier matelas fibreux combiné. La méthode comprend en outre la superposition d'au moins un matelas fibreux combiné additionnel avec le premier matelas fibreux combiné. La méthode comprend en outre l'aiguilletage du premier matelas fibreux combiné et dudit au moins un matelas fibreux additionnel, à une densité d'aiguilletage inférieure à approximativement 60 perforations d'aiguilles par centimètre carré, en formant une structure fibreuse tridimensionnelle.

On pourra mieux comprendre la structure fibreuse tridimensionnelle en se référant aux dessins et au descriptif ci-dessous. Des descriptions non restrictives et non exhaustives sont présentées en référence aux dessins suivants. Les composants dans les figures ne sont pas nécessairement à l'échelle, l'accent étant plutôt mis sur l'illustration des principes. Sauf indication contraire, dans les figures, les numéros de référence similaires peuvent désigner des pièces similaires dans toutes les différentes figures.

La Fig. 1 illustre un arrangement schématique général d'un appareil d'aiguilletage convenant pour une utilisation avec l'invention.

La Fig. 2 représente une vue détaillée d'un procédé d'aiguilletage utilisant l'appareil de la Fig. 1.

5 La Fig. 3 illustre un organigramme d'un procédé convenant pour une utilisation avec la présente invention.

La Fig. 4 illustre une vue en perspective d'un brin de fibres convenant pour une utilisation avec la présente invention.

10 La Fig. 5 illustre une vue du dessus de plusieurs couches de brins de fibres nappées en couches croisées et superposées les unes sur les autres.

La Fig. 6A illustre une vue en perspective d'une section de couches de brins de fibres nappées en couches croisées et aiguilletées par un procédé selon la présente invention.

15 La Fig. 6B illustre une vue en perspective d'une section de couches de brins de fibres nappées en couches croisées et aiguilletées par un procédé connu auparavant dans l'art.

La Fig. 7 illustre une vue en perspective d'un procédé d'aiguilletage de multiples brins de fibres tels que ceux qui sont fabriqués dans la Fig. 5.

20 Les structures de préformes fibreuses conviennent pour une transformation ultérieure dans laquelle une matrice de liaison est déposée à l'intérieur de la structure de préforme, en formant ainsi une structure composite. Les structures de préformes fibreuses peuvent convenir pour une transformation ultérieure en structures carbone/carbone, comme les disques de freins des avions. La transformation ultérieure comprend traditionnellement une pyrolyse de la  
25 structure de préforme (si celle-ci est formée à partir d'un matériau précurseur), et le dépôt d'une matrice de liaison en carbone. Le dépôt de la matrice en carbone à l'intérieur de la structure de préforme peut être réalisé par des techniques connues, comme l'infiltration chimique en phase vapeur et le dépôt chimique en phase vapeur (ICV/DCV), ou par une imprégnation répétée du substrat avec une poix ou une  
30 résine comportant du carbone, qui est ensuite carbonisée, ou par n'importe quel procédé équivalent. Les méthodes n'ont pas pour objectif la formation de la matrice de liaison ou la densification de la structure de préforme fibreuse, car ces techniques sont connues dans l'art. Bien qu'elles soient décrites relativement à des composites carbone/carbone, on envisage la possibilité d'utilisation des méthodes,  
35 d'une manière tout aussi utile, pour la formation de structures de préformes

fibreuses convenant pour une transformation ultérieure en structures composites céramiques et en structures composites carbone/céramique.

Divers aspects sont décrits ci-dessous relativement aux Figures 1 à 7, dans lesquelles les composants désignés par des numéros similaires sont équivalents. En référence spécifiquement à la Fig. 1, un appareil d'aiguilletage (8) est représenté schématiquement. L'appareil (8) peut être utilisé pour la formation d'une structure de préforme fibreuse en réunissant plusieurs couches fibreuses les unes avec les autres, en commençant avec au moins deux couches fibreuses, auxquelles des couches fibreuses additionnelles sont ajoutées dans une série de passes d'aiguilletage.

Des exemples d'appareils convenant pour une utilisation sont décrits dans le brevet US n° 4 790 052 délivré à Olry (désigné ci-après dans le présent document par le terme « brevet '052 »), le brevet US n° 4 955 123 délivré à Lawton *et al.* (désigné ci-après dans le présent document par le terme « brevet '123 »), et le brevet US n° 5 217 770 délivré à Morris, Jr. *et al.* (désigné ci-après dans le présent document par le terme « brevet '770 »). La Fig. 1 vise à présenter seulement une illustration générale d'une zone d'aiguilletage de tout appareil de ce type. Par conséquent, les réalisations peuvent être adaptées pour une utilisation avec un appareil pour la formation d'une feuille ou d'une « plaque » comme il est décrit dans le brevet '052, ou pour la formation d'un anneau comme il est décrit dans les brevets '123 et '770. De plus, n'importe quelle variation de la forme de la structure de préforme fibreuse produite est acceptable.

En référence encore à la Fig. 1, une structure de préforme fibreuse (20) est représentée, en cours de formation dans l'appareil (8). La structure fibreuse (20) est disposée sur un support ou sur une plaque de base (12), sous une multitude d'aiguilles de feutrage (14) montées dans une planche d'aiguilles (16). Le support (12) est pénétrable par les aiguilles (14), et peut être formé d'un matériau pénétrable, par exemple un plastique transformé en mousse ou des poils de brosse, ou d'un matériau impénétrable, par exemple un métal ou un plastique, avec des trous alignés sur les aiguilles (14) pour permettre la pénétration. La structure fibreuse (20) se compose de couches fibreuses avec une couche supérieure définissant une surface exposée (44). La structure fibreuse est ensuite soumise à une passe d'aiguilletage, durant laquelle la multitude d'aiguilles de feutrage (14) est enfoncée à plusieurs reprises dans la structure fibreuse (20) à travers la surface exposée (44), au fur et à mesure que la structure fibreuse (20) est transportée sous

les aiguilles de feutrage, dans le sens de la flèche (34). Tel qu'il est utilisé dans le présent document, le terme « structure fibreuse » désigne toutes les couches fibreuses disposées sur le support (12) sous les aiguilles de feutrage (14) durant une passe d'aiguilletage donnée. Des couches peuvent être ajoutées à la structure  
5 fibreuse durant une ou plusieurs passes d'aiguilletage, mais il n'est pas nécessaire d'ajouter une couche fibreuse à la structure fibreuse durant chaque passe d'aiguilletage.

Les aiguilles de feutrage (14) sont disposées dans un ensemble comme il est connu dans l'art. D'autres types de dispositifs d'aiguilletage ou de planches  
10 couramment connus dans l'art sont aussi acceptables. Plusieurs rangées peuvent être disposées parallèlement les unes aux autres, de sorte que toute la largeur de la structure fibreuse (20) puisse être soumise à l'aiguilletage durant chaque passe d'aiguilletage. L'ensemble d'aiguilles de feutrage (14) définit une zone d'aiguilletage (32).

Les aiguilles de feutrage (14) sont entraînées au moyen d'un  
15 mécanisme d'entraînement (18) qui entraîne la planche d'aiguilles (16) selon un mouvement alternatif dans une plage de déplacement fixe. La multitude d'aiguilles de feutrage déplace ainsi des fibres parmi les couches de la structure fibreuse (20), en produisant des faisceaux de « fibres Z » qui passent d'une couche à l'autre, en  
20 général perpendiculairement aux interfaces des couches. Des couches additionnelles sont disposées par-dessus les couches précédentes et soumises à des passes d'aiguilletage additionnelles, ce qui fait adhérer les couches additionnelles aux couches précédentes. Des couches additionnelles sont ajoutées jusqu'à l'obtention d'une épaisseur finale désirée. La structure fibreuse (20) peut  
25 ensuite être soumise à des passes d'aiguilletage supplémentaires sans addition de couches additionnelles. La structure de préforme fibreuse finie (20) peut être transformée par des opérations ultérieures, d'une manière connue, comme il a été décrit auparavant.

Un mécanisme de réglage de support (22) ajuste la position du support  
30 par rapport à la multitude d'aiguilles de feutrage (14) d'une manière bien connue dans l'art. Ici, le mécanisme de réglage de support comprend une vis de mise à niveau (24) et un moteur/une boîte de vitesses (26). Un contrôleur (28) contrôle le mécanisme de réglage de support (22) par l'intermédiaire d'une ligne de contrôle (30), en fonction des besoins, afin de positionner le support (12) avec précision par  
35 rapport à la multitude d'aiguilles de feutrage (14). La structure fibreuse (20) peut

être entraînée au moyen d'un convoyeur, dans le sens de la flèche (34), de sorte que la multitude d'aiguilles de feutrage puisse être enfoncée à plusieurs reprises dans la surface exposée (44) le long de la longueur de la structure fibreuse (20). La structure fibreuse (20) et le convoyeur peuvent ensuite être entraînés dans le sens

5 de la flèche (36), en aiguilletant ainsi la structure de préforme fibreuse dans le sens opposé, comme il est décrit dans le brevet '052. La structure fibreuse (20) et le convoyeur seraient normalement entraînés dans une seule direction pour la formation d'une forme annulaire, comme il est décrit dans les brevets '123 ou '770. En outre, la structure fibreuse (20) et le convoyeur peuvent être entraînés en

10 continu au fur et à mesure que les aiguilles sont enfoncées dans la structure fibreuse (20), ou bien la structure fibreuse (20) et le convoyeur peuvent être synchronisés avec le mécanisme d'entraînement (18), de sorte que le convoyeur s'arrête momentanément ou se déplace en suivant un parcours elliptique quand les aiguilles (14) sont enfoncées dans la structure fibreuse (20). On considère que tous

15 ces types de variations se situent dans la portée de l'invention. En outre, les divers composants de l'appareil (8) peuvent être orientés de diverses manières sans pour autant s'écarter de l'invention. Par exemple, l'appareil (8) pourrait être pivoté sur un côté, ou même inversé, si une application particulière nécessitait un tel arrangement.

20 Comme il est indiqué dans la Fig. 2, une structure fibreuse (20) comprenant au moins deux couches fibreuses (40a-40i) est disposée sous la multitude d'aiguilles de feutrage (14), sur un support (12). Telle qu'elle est représentée, la structure fibreuse (20) peut comprendre une multitude de couches superposées. Une couche fibreuse supérieure (40a) est disposée par-dessus des

25 couches adjacentes inférieures (40b, 40c, 40d, 40e, 40f, 40g, 40h, et 40i), la couche supérieure (40a) définissant une surface exposée (44). Dans cet exemple, la couche supérieure (40a) n'adhère pas à la couche (40b) avant d'avoir été soumise à une passe d'aiguilletage dans laquelle les couches fibreuses (40a-40i) sont transportées sous la multitude d'aiguilles de feutrage (14), tandis que la multitude

30 d'aiguilles de feutrage (14) est à plusieurs reprises entraînée à travers la surface exposée (44) dans la structure fibreuse, comme il est indiqué en pointillés, assez profondément pour transporter à titre permanent des fibres de la couche (40a) jusqu'à l'intérieur de la couche adjacente inférieure (40b). La passe d'aiguilletage fait adhérer la couche supérieure (40a) à la couche (40b), en transportant à titre

permanent des fibres de la couche supérieure (40a) jusqu'à l'intérieur de la couche (40b) et des autres couches adjacentes inférieures.

Les fibres sont transportées à titre permanent à partir d'un ensemble choisi (46) de couches durant chaque passe d'aiguilletage. L'ensemble de couches  
5 peut changer d'une passe d'aiguilletage à la suivante. Le choix de l'ensemble de couches est un aspect de la conception des préformes, qui dépend des propriétés que l'on désire donner à la préforme finale. L'ensemble de couches comprend au moins la couche supérieure (40a). Dans une réalisation, l'ensemble de couches comprend  
10 préférablement la couche supérieure (40a) et au moins une couche adjacente (40b). Dans une autre réalisation, l'ensemble de couches comprend préférablement la couche supérieure (40a) et au moins deux couches adjacentes (40b et 40c). Dans l'exemple illustré, les couches pourraient comprendre plus de trois couches dans de nombreuses applications.

Un organigramme de procédé (300) est représenté dans la Fig. 3, les  
15 blocs de l'organigramme (300) étant illustrés davantage par les procédés dans les Figs. 4-8. Dans le bloc 310, un brin de fibres de filaments continus est utilisé. Au moins un brin de fibres constitué de filaments généralement continus est introduit dans une machine de transformation de fibres. Diverses fibres peuvent être utilisées pour le procédé. Par exemple, des fibres de PAN oxydé généralement continues,  
20 non transformées, peuvent être utilisées. Ces fibres se composent de filaments de fibres continus qui sont disponibles dans le commerce. Un ensemble de ces filaments de fibres continus s'appelle un « brin », et ce brin peut contenir n'importe quel nombre de filaments. Dans certaines réalisations, un brin se compose d'approximativement 24 000 - 400 000 filaments continus. Dans une autre  
25 réalisation, un brin se compose d'approximativement 320 000 - 400 000 filaments continus.

Dans le bloc 320, de multiples brins sont utilisés pour former une feuille de fibres unidirectionnelle (400). Comme il est indiqué dans la Fig. 4, les faisceaux de fibres (410) sont alignés dans une direction commune. Dans la réalisation  
30 préférée, les fibres (410) sont alignées dans la direction X, qui est aussi un sens machine (420). Les faisceaux de fibres horizontaux (410) peuvent être disposés horizontalement les uns par rapport aux autres et/ou être partiellement ou totalement entrelacés les uns avec les autres dans le sens machine (420). Autrement, certains des faisceaux de fibres (410) peuvent être superposés les uns  
35 sur les autres et alignés dans le sens machine (420). N'importe quel nombre de

brins (410) peut être ainsi aligné, en fonction de l'épaisseur et de la hauteur que l'on désire donner à la feuille de fibres (400).

Dans certaines réalisations, comme il est indiqué dans le bloc 330, les faisceaux de fibres alignés (410) peuvent être transformés par un premier dispositif d'aiguilletage. Autrement, les éléments constituant de la couche fibreuse peuvent être maintenus ensemble par divers mécanismes couramment connus, tels que les adhésifs.

Le premier dispositif d'aiguilletage peut être similaire à l'appareil d'aiguilletage (8) décrit dans la Fig. 1. Toutefois, le premier dispositif d'aiguilletage utilisé pour aiguilleter les faisceaux de fibres alignés (410) peut être utilisé pour transformer des faisceaux de fibres continus. Le premier dispositif d'aiguilletage peut être disposé au-dessus de la couche fibreuse ou de la feuille (400) tandis que la couche fibreuse (400) est déplacée dans le sens machine (420). Le premier dispositif d'aiguilletage peut aussi être positionné à proximité d'une bobine, pour l'enroulement et/ou le stockage de la couche fibreuse (400) après l'aiguilletage.

Les aiguilles du dispositif d'aiguilletage, similaires aux aiguilles (14), peuvent casser certaines des fibres à l'intérieur des faisceaux de fibres (410), pour former une feuille de fibres lâche (400) qui se présente sous la forme d'un matelas de fibres unidirectionnel aligné dans le sens machine (420). Ce matelas peut être désigné par le terme «couche 01 enroulable », et ce procédé d'aiguilletage des faisceaux de fibres alignés (410) peut être désigné par le terme « transformation 01 ». Le nombre d'aiguilles disposées sur le premier appareil d'aiguilletage peut être exprimé sous la forme d'une densité d'aiguilletage, en aiguilles par centimètre carré. Le premier dispositif d'aiguilletage peut avoir n'importe quelle densité d'aiguilletage appropriée comme il est connu dans l'art.

Après la transformation des faisceaux de fibres (410) pour produire la couche fibreuse unidirectionnelle (400), la couche fibreuse (400) peut être stockée en vue d'une transformation additionnelle. Dans une réalisation préférée, la couche fibreuse (400) est enroulée sur une ou plusieurs bobines de transport (430) en vue d'une transformation additionnelle. Les bobines (430) peuvent être en spirale, hélicoïdales, cylindriques, ou avoir toute autre forme capable de permettre l'enroulement de la couche fibreuse (400) autour de ces bobines. Autrement, la couche fibreuse (400) peut être stockée sous la forme d'un ruban en couches, le ruban étant plat.

Dans le bloc 340, comme il est illustré dans la Fig. 5, une ou plusieurs couches fibreuses additionnelles ou un ou plusieurs matelas additionnels sont superposés à un angle par rapport à la première couche fibreuse orientée dans le sens machine (520). La couche fibreuse (400) qui est orientée dans le sens machine est désignée par le terme « matelas de fibres dans le sens machine » ou « première couche fibreuse » (400a). Ladite au moins une couche fibreuse additionnelle (400) qui est orientée à un angle par rapport au sens machine et qui est superposée avec la première couche fibreuse (400a) est désignée par le terme « couche fibreuse superposée » (400b). Cette superposition des fibres avec les fibres orientées dans le sens machine forme un matelas de fibres en couches dans lequel lesdits deux matelas de fibres ou plus (400) ont une différente direction d'alignement. Dans d'autres réalisations, ladite au moins une couche fibreuse superposée (400b) est déposée par une ou plusieurs bobines (430). Dans une réalisation préférée, la première couche fibreuse (400a) est placée dans un sens machine (520).

Ladite au moins une couche fibreuse superposée additionnelle (400b) peut ensuite être superposée sur le matelas de fibres dans le sens machine (400a) et orientée à un angle par rapport à la première couche fibreuse (400a). L'angle de superposition de ladite au moins une couche fibreuse superposée (400b) peut être sélectionné en fonction des besoins, et modifié pour la prise en charge de différents tissus, de différentes vitesses d'aiguilletage, et de différentes conditions à remplir par le matériau final. L'angle peut aussi dépendre du nombre de couches fibreuses (400b) superposées sur la première couche fibreuse (400a). Typiquement, l'angle de superposition est un angle aigu entre zéro et 90 degrés. Dans certaines réalisations, l'angle de superposition est de 30 à 70 degrés par rapport au sens machine.

Dans certaines réalisations, ladite au moins une couche fibreuse superposée (400b) est superposée par nappage en couches croisées de ladite au moins une couche fibreuse superposée additionnelle (400b) avec la première couche fibreuse (400a). Le nappage en couches croisées consiste à déposer un ou plusieurs matelas de fibres (400b) selon un motif en « zigzag » par rapport au sens machine (530b), comme il est illustré dans la Fig. 5. Par exemple, les directions de nappage en couches croisées (530a et 530b) peuvent avoir un angle relatif équivalent, ou bien les angles peuvent être différents.

Dans d'autres réalisations, on notera que ladite au moins une couche fibreuse superposée (400b) peut être superposée sur la première couche fibreuse (400a) ou vice versa. Dans une autre réalisation, deux couches fibreuses superposées (400b) peuvent être superposées sur la première couche fibreuse (400a). Les deux couches fibreuses superposées (400b) peuvent être superposées dans des directions opposées l'une à l'autre, et superposées l'une sur l'autre, la première couche fibreuse (400a) se trouvant en bas. Autrement, les matelas de fibres dans le sens machine (400b) sont disposés entre les deux matelas de fibres nappés en couches croisées (400b).

10 Dans des réalisations additionnelles, plus de deux couches additionnelles peuvent être superposées avec la première couche fibreuse (400a) avant l'étape d'aiguilletage.

La première couche fibreuse (400a) et ladite au moins une couche fibreuse superposée additionnelle (400b) sont ensuite envoyées à un deuxième dispositif d'aiguilletage qui assure l'aiguilletage des couches fibreuses (400a, 400b) pour former un premier matelas fibreux combiné (500) que l'on appelle une « couche 02enroulable ». La couche 02 enroulable (500) peut ensuite être stockée en vue d'une transformation additionnelle, par enroulement autour d'une autre bobine de transport (430) ou dépôt sous la forme d'un ruban en couches plat.

20 Le deuxième dispositif d'aiguilletage peut être un dispositif comme le premier appareil d'aiguilletage. Toutefois, la densité des perforations d'aiguilles sur le deuxième dispositif d'aiguilletage est augmentée. Dans la réalisation préférée, la densité d'aiguilletage augmentée au niveau de la couche 02 sous forme de rouleau (500) permet d'augmenter le transport des faisceaux de fibres Z à travers les matelas de fibres (400a, 400b).

30 Comme il est illustré dans les Figs. 6A et 6B, l'augmentation du nombre de perforations d'aiguilles casse un plus grand nombre de fibres dans les directions X et Y dans les matelas de fibres (400a, 400b), en formant des fibres Z (610). La Fig. 6B illustre l'aiguilletage par un dispositif d'aiguilletage ayant une densité d'aiguilles moyenne. La Fig 6A illustre l'aiguilletage par un dispositif d'aiguilletage ayant un nombre de perforations d'aiguilles augmenté. Les fibres Z (610) sont aiguilletées dans la direction Z par le dispositif d'aiguilletage, en interconnectant ainsi les matelas de fibres (400a, 400b) dans la direction Z. L'augmentation de l'interconnexion dans la direction Z au niveau de la couche 02 enroulable (500) peut diminuer le délaminage de la préforme finale.

Dans une réalisation, comme il est illustré dans la Fig. 6A, l'augmentation de la densité d'aiguilletage du dispositif d'aiguilletage est supérieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré. Dans une autre réalisation, comme il est illustré dans la Fig. 6A, l'augmentation de la densité d'aiguilletage du dispositif d'aiguilletage est supérieure à approximativement 75 perforations d'aiguilles par centimètre carré. Dans une autre réalisation, l'augmentation de la densité d'aiguilletage est d'approximativement 55 à 85 perforations par centimètre carré. Dans une autre réalisation, l'augmentation de la densité d'aiguilletage est d'approximativement 60 à 70 perforations par centimètre carré.

Dans une réalisation, l'augmentation de la densité d'aiguilletage est obtenue par augmentation du nombre d'aiguilles (14) sur le dispositif d'aiguilletage. Toutefois, d'autres méthodes d'augmentation de la densité d'aiguilletage effective sont possibles. Dans une autre réalisation, le nombre d'aiguilles (14) reste constant sur le dispositif d'aiguilletage, tout comme la vitesse verticale de pénétration des aiguilles (14), mais la vitesse à laquelle les couches fibreuses (400a, 400b) se déplacent dans le sens machine (520) sous l'appareil d'aiguilletage (8) est diminuée. Dans cette réalisation, on peut obtenir un nombre de perforations d'aiguilles par zone similaire à celui qui serait obtenu en augmentant le nombre d'aiguilles (14) à une vitesse normale du convoyeur. De même, dans une autre réalisation, la vitesse verticale de pénétration des aiguilles (14) peut être augmentée tandis que le nombre d'aiguilles (14) et la vitesse des couches fibreuses (400a, 400b) dans le sens machine (520) sont maintenus constants.

Dans le bloc 350, le premier matelas fibreux combiné, ou première couche 02 enroulable (500), est superposé(e) avec au moins un matelas fibreux combiné additionnel, ou couche 02 enroulable additionnelle. Ces matelas sont ensuite aiguilletés l'un avec l'autre pour former une structure fibreuse tridimensionnelle, ou « couche 03 en plaque », comme il est illustré dans la Fig. 7. Les couches 02 sous forme de rouleau (500a et 500b) sont superposées sur le support (12) et sont aiguilletées l'une avec l'autre par un troisième dispositif d'aiguilletage.

Dans une réalisation, pour chaque passe d'aiguilletage, au moins deux matelas fibreux combinés, ou couches 02 enroulable (40a, 40b), sont placés sous le dispositif d'aiguilletage. Les couches 02 enroulable (40a, 40b) sont équivalentes à la couche 02 sous forme de rouleau (500) illustrée plus haut. Dans une autre

réalisation, pour chaque passe d'aiguilletage, le premier matelas fibreux combiné (ou première couche 02 enroulable (40a)) est superposé avec au moins deux matelas fibreux combinés additionnels. Cela permet d'augmenter les vitesses de transformation du matériau et diminue la quantité des fibres Z (610) transportées d'une couche à l'autre.

De plus, dans certaines réalisations, le troisième dispositif d'aiguilletage a une densité de pénétration des aiguilles diminuée par rapport à une densité d'aiguilletage moyenne. Dans une réalisation, la densité diminuée de pénétration des aiguilles pour l'aiguilletage des matelas fibreux combinés est inférieure à approximativement 60 perforations d'aiguilles par centimètre carré. Dans une autre réalisation, la densité diminuée de pénétration des aiguilles est d'approximativement 40 à 60 perforations par centimètre carré. Dans une autre réalisation, la densité diminuée de pénétration des aiguilles est inférieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré. Dans une autre réalisation, la densité diminuée de pénétration des aiguilles est de 40 à 55 perforations par centimètre carré.

Les quantités augmentées de fibres Z (610) dans les matelas fibreux combinés (couches 02 sous forme de rouleau) (40a, 40b) facilitent la diminution de la densité de pénétration dans le procédé d'aiguilletage 03, tout en prévenant le délaminage dans la préforme finale. Comme pour la couche 02 enroulable, on peut diminuer la densité de pénétration dans la couche 03 en plaque (c'est-à-dire la structure fibreuse tridimensionnelle) en diminuant le nombre d'aiguilles (14) sur le dispositif d'aiguilletage, en diminuant la vitesse verticale du dispositif d'aiguilletage tout en maintenant constante la vitesse d'avancement du textile dans la machine, ou en augmentant la vitesse d'avancement du textile tout en maintenant les autres paramètres constants.

Dans le bloc 360, les matelas fibreux combinés (couches 02 enroulables) (500) sont superposés en continu sur le support (12) pour créer une préforme ayant une épaisseur désirée. De multiples matelas fibreux combinés (500) peuvent être aiguilletés les uns avec les autres, les uns sur les autres, pour produire une préforme partielle (20). Deux matelas fibreux combinés (500) ou plus, aiguilletés les uns avec les autres et sur lesquels sont superposés d'autres matelas fibreux combinés (500), peuvent être désignés comme la préforme partielle (20). Dans une réalisation préférée, deux matelas fibreux combinés (500) sont ajoutés en même temps à la préforme partielle (20) et aiguilletés l'un avec l'autre et avec la

préforme partielle (20). La vitesse d'aiguilletage durant le procédé d'aiguilletage peut être réglée entre des vitesses hautes et des vitesses basses pour sous-aiguilleter et sur-aiguilleter incrémentiellement la préforme. Ces vitesses d'aiguilletage incrémentielles, utilisées au lieu d'une vitesse constante, peuvent surmonter des variations dans le matériau de la préforme, par exemple une répartition non uniforme des fibres Z (610). Dans une réalisation préférée, une vitesse d'aiguilletage élevée au niveau de la couche 03 en plaque est de 3 à 6 mètres par minute. Dans une réalisation préférée, une vitesse d'aiguilletage basse au niveau de la couche 03 est de 2 à 4 mètres par minute.

10 Dans le bloc 370, l'épaisseur que l'on désire donner à la préforme est obtenue et la préforme finale peut être stockée ou formée en vue d'une utilisation ultérieure. Dans une réalisation, la préforme est sculptée par un dispositif de coupe pour former la préforme finale en lui donnant une forme annulaire. Dans une autre réalisation, la préforme est sculptée par un dispositif de coupe pour former la préforme finale en lui donnant une forme circulaire. Dans une autre réalisation, on peut sculpter la préforme finale pour lui donner n'importe quelle forme, en fonction des besoins, pour l'utilisation de la préforme.

20 Comme il a été noté, l'entraînement en double couche des matelas fibreux combinés (500) peut réduire le temps de fabrication de la préforme finale de jusqu'à 50 % par rapport aux méthodes d'entraînement en une seule couche connues auparavant. Dans une réalisation préférée, la vitesse d'avancement des matelas fibreux combinés à travers le dispositif d'aiguilletage augmente de 1,64 mètre par minute à 5 mètres par minute. Dans une réalisation préférée, la moindre densité de pénétration des couches 03 en plaques réduit le nombre de fibres Z (610) transporté à travers les différentes couches. Dans une réalisation préférée, la préforme finale de forme annulaire est utilisée pour des freins. Dans cette réalisation, la réduction des fibres Z (610) facilite la réduction du transfert de chaleur à la partie centrale du disque de frein, l'augmentation du transfert de chaleur au DI/DE du disque de frein, et l'augmentation des performances du disque de frein en présence d'une friction à haute énergie. En outre, la teneur réduite en fibres Z (610) facilite l'augmentation du volume des fibres durant la transformation ultérieure par carbonisation. Dans une réalisation, la structure fibreuse tridimensionnelle a un rapport de la teneur en fibres Z contre la teneur en fibres dans le plan d'approximativement 1:10 à 1:4. Dans une autre réalisation, le rapport est d'approximativement 1:8 à 1:5.

Il se peut que tous les composants décrits ne soient pas nécessaires, toutefois, et certaines mises en œuvre pourront comprendre des composants additionnels non représentés dans les figures. On pourra faire varier l'arrangement et le type des composants sans pour autant sortir de l'esprit ni de la portée des revendications telles qu'elles sont énoncées dans le présent document. Des  
5 composants additionnels, différents ou moins nombreux pourront être fournis.

Les illustrations décrites dans le présent document ont pour but de permettre une compréhension générale de la structure de diverses réalisations. Les illustrations ne visent pas à fournir une description complète de tous les éléments et  
10 de toutes les caractéristiques de l'appareil, des dispositifs et des systèmes qui utilisent les structures ou les méthodes décrites dans le présent document. De nombreuses autres réalisations pourront apparaître clairement aux personnes versées dans l'art lors de l'étude de la divulgation. D'autres réalisations pourront être utilisées et dérivées de la divulgation, si bien que l'on pourra pratiquer des  
15 substitutions et modifications structurales et logiques sans pour autant sortir de la portée de la divulgation. En outre, les illustrations sont présentées à titre purement indicatif et peuvent ne pas être représentées à l'échelle. Certaines proportions dans les illustrations peuvent être exagérées, tandis que d'autres proportions peuvent être minimisées. En conséquence, la divulgation et les figures doivent être  
20 considérées comme illustratives plutôt que restrictives.

Bien que des réalisations aient été illustrées et décrites dans le présent document, on comprendra que n'importe quel arrangement ultérieur conçu à une fin identique ou similaire pourra être utilisé à la place des réalisations spécifiques qui sont présentées. La présente divulgation vise à couvrir absolument toutes les  
25 adaptations ou variantes ultérieures de diverses réalisations. Des combinaisons des réalisations ci-dessus, et d'autres réalisations qui ne sont pas décrites spécifiquement dans le présent document, pourront apparaître clairement aux personnes versées dans l'art lors de l'étude du descriptif.

Le Résumé est présenté étant entendu qu'il ne sera pas utilisé pour  
30 interpréter ou limiter la portée ou le sens des revendications. En outre, dans le Descriptif détaillé qui précède, diverses caractéristiques peuvent être regroupées ou décrites dans une seule réalisation dans le but de simplifier la divulgation. Il ne faut pas considérer que la présente divulgation reflète une intention selon laquelle les réalisations revendiquées nécessitent plus de caractéristiques que celles qui sont  
35 énoncées explicitement dans chaque revendication. Au lieu de cela, comme le

reflètent les revendications suivantes, l'objet de l'invention peut porter sur un moindre nombre de caractéristiques que la totalité des caractéristiques de n'importe laquelle des réalisations divulguées. Il s'ensuit que les revendications suivantes sont incorporées dans le Descriptif détaillé, chaque revendication étant indépendante et définissant séparément l'objet revendiqué.

5 On considérera que l'objet divulgué ci-dessus est présenté à titre illustratif, et non restrictif, et les revendications ci-jointes visent à couvrir toutes les modifications, améliorations et autres réalisations de ce type, qui se situent dans le véritable esprit et dans la portée du descriptif. Par conséquent, dans toute la mesure permise par la loi, la portée sera déterminée par l'interprétation la plus large qui soit permise des revendications suivantes et de leur équivalents, et ne sera ni restreinte ni limitée par le descriptif détaillé qui précède.

## REVENDICATIONS

1. Méthode pour la formation d'une structure fibreuse  
5 tridimensionnelle, comprenant :

la fourniture d'une première couche fibreuse, la première  
couche fibreuse étant alignée dans le sens machine ;

la superposition d'au moins une couche fibreuse additionnelle  
avec la première couche fibreuse, la direction d'alignement de ladite au moins une  
10 couche fibreuse additionnelle étant à un angle aigu par rapport au sens machine ;

l'aiguilletage de la première couche fibreuse et de ladite au  
moins une couche fibreuse additionnelle l'une avec l'autre, à une densité  
d'aiguilletage supérieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par  
centimètre carré, en formant un premier matelas fibreux combiné ;

15 la superposition d'au moins un matelas fibreux combiné  
additionnel avec le premier matelas fibreux combiné ; et

l'aiguilletage du premier matelas fibreux combiné et dudit au  
moins un matelas fibreux additionnel, à une densité d'aiguilletage inférieure à  
approximativement 60 perforations d'aiguilles par centimètre carré, en formant une  
20 structure fibreuse tridimensionnelle.

2. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la  
superposition de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle est réalisée par  
nappage en couches croisées.

3. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la direction  
25 d'alignement de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle est à un angle  
d'approximativement 30 à 70 degrés par rapport au sens machine.

4. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la  
superposition comprend la superposition d'au moins deux couches fibreuses  
additionnelles avec la première couche fibreuse à deux angles aigus séparés par  
30 rapport au sens machine.

5. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la première  
couche fibreuse est aiguilletée avant la superposition avec ladite au moins une  
couche fibreuse additionnelle.

6. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la densité  
35 d'aiguilletage entre la première couche fibreuse et ladite au moins une couche

fibreuse additionnelle est supérieure à approximativement 60 perforations d'aiguilles par centimètre carré.

7. Méthode selon la revendication 6, dans laquelle la densité d'aiguilletage entre le premier matelas fibreux combiné et ledit au moins un matelas fibreux combiné additionnel est inférieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré.

8. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la densité d'aiguilletage entre le premier matelas fibreux combiné et ledit au moins un matelas fibreux combiné additionnel est inférieure à approximativement 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré.

9. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la densité d'aiguilletage entre la première couche fibreuse et ladite au moins une couche fibreuse additionnelle est d'approximativement 60 à 70 perforations d'aiguilles par centimètre carré, et dans laquelle la densité d'aiguilletage entre le premier matelas fibreux combiné et ledit au moins un matelas fibreux combiné additionnel est d'approximativement 40 à 55 perforations d'aiguilles par centimètre carré.

10. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la superposition dudit au moins un matelas fibreux combiné additionnel comprend la superposition d'au moins trois matelas fibreux combinés.

11. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la structure fibreuse tridimensionnelle a un rapport de la teneur en fibres Z contre la teneur en fibres dans le plan d'approximativement 1:10 à 1:4.

12. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle la première couche fibreuse comprend un brin d'approximativement 24 000 à 400 000 filaments fibreux.

13. Méthode selon la revendication 14, dans laquelle les filaments fibreux sont des fibres de PAN oxydé.

14. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle l'aiguilletage du premier matelas fibreux combiné et dudit au moins un matelas fibreux additionnel a lieu à une vitesse d'aiguilletage d'approximativement 2 à 6 mètres par minute.

15. Méthode selon la revendication 1, dans laquelle :  
l'étape de fourniture d'une première couche fibreuse comprend la formation d'une première couche fibreuse cohérente en exécutant au moins une passe d'aiguilletage ;

l'étape de superposition d'au moins une couche fibreuse additionnelle avec la première couche fibreuse comprend un nappage en couches croisées d'une deuxième couche fibreuse avec la première couche fibreuse, l'angle aigu ayant une valeur de 30 à 70 degrés par rapport au sens machine ;

5 l'étape d'aiguilletage de la première couche fibreuse et de ladite au moins une couche fibreuse additionnelle l'une avec l'autre est réalisée à une densité d'aiguilletage d'approximativement 60-70 perforations d'aiguilles par centimètre carré ; et

10 l'étape d'aiguilletage du premier matelas fibreux combiné et dudit au moins un matelas fibreux additionnel est réalisée à une densité d'aiguilletage d'approximativement 40-55 perforations d'aiguilles par centimètre carré.

15 16. Méthode selon la revendication 15 dans laquelle la structure fibreuse tridimensionnelle a un rapport de la teneur en fibres Z contre la teneur en fibres dans le plan d'approximativement 1:8 à 1:5.

17. Méthode selon la revendication 15, dans laquelle la superposition dudit au moins un matelas fibreux combiné additionnel comprend la superposition de deux matelas fibreux combinés.

20

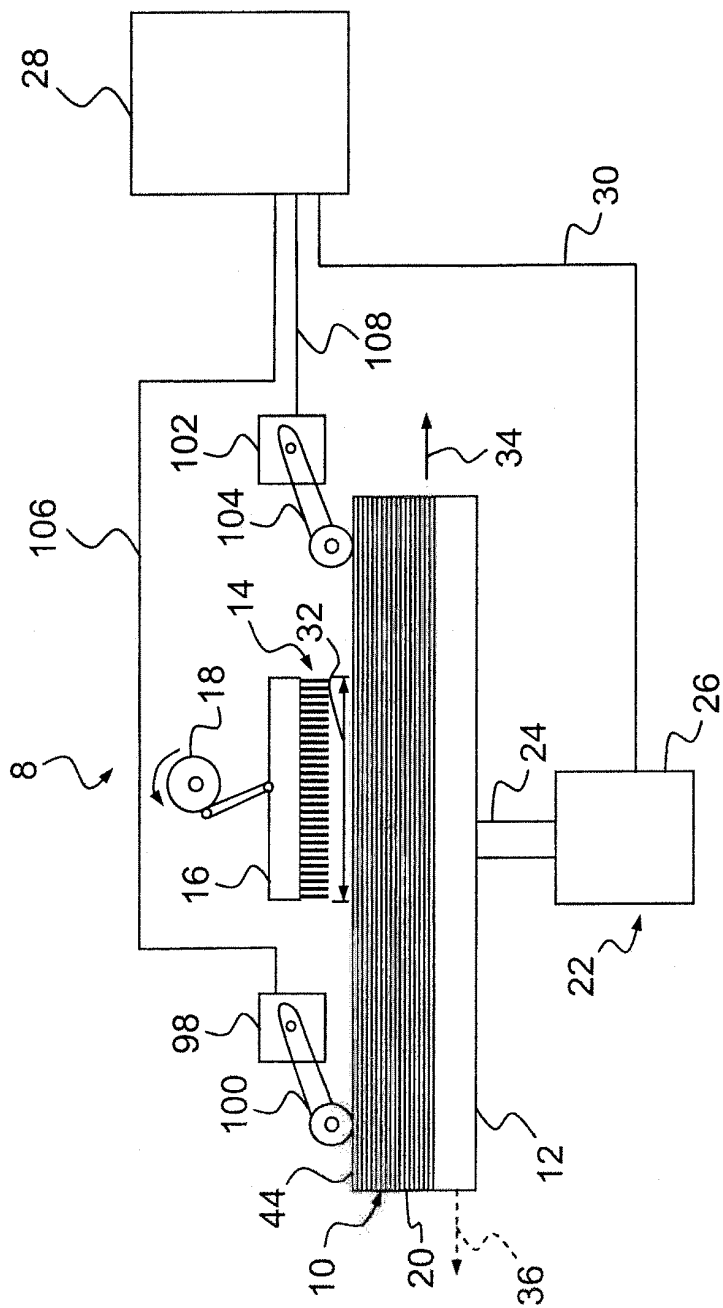


FIG.1

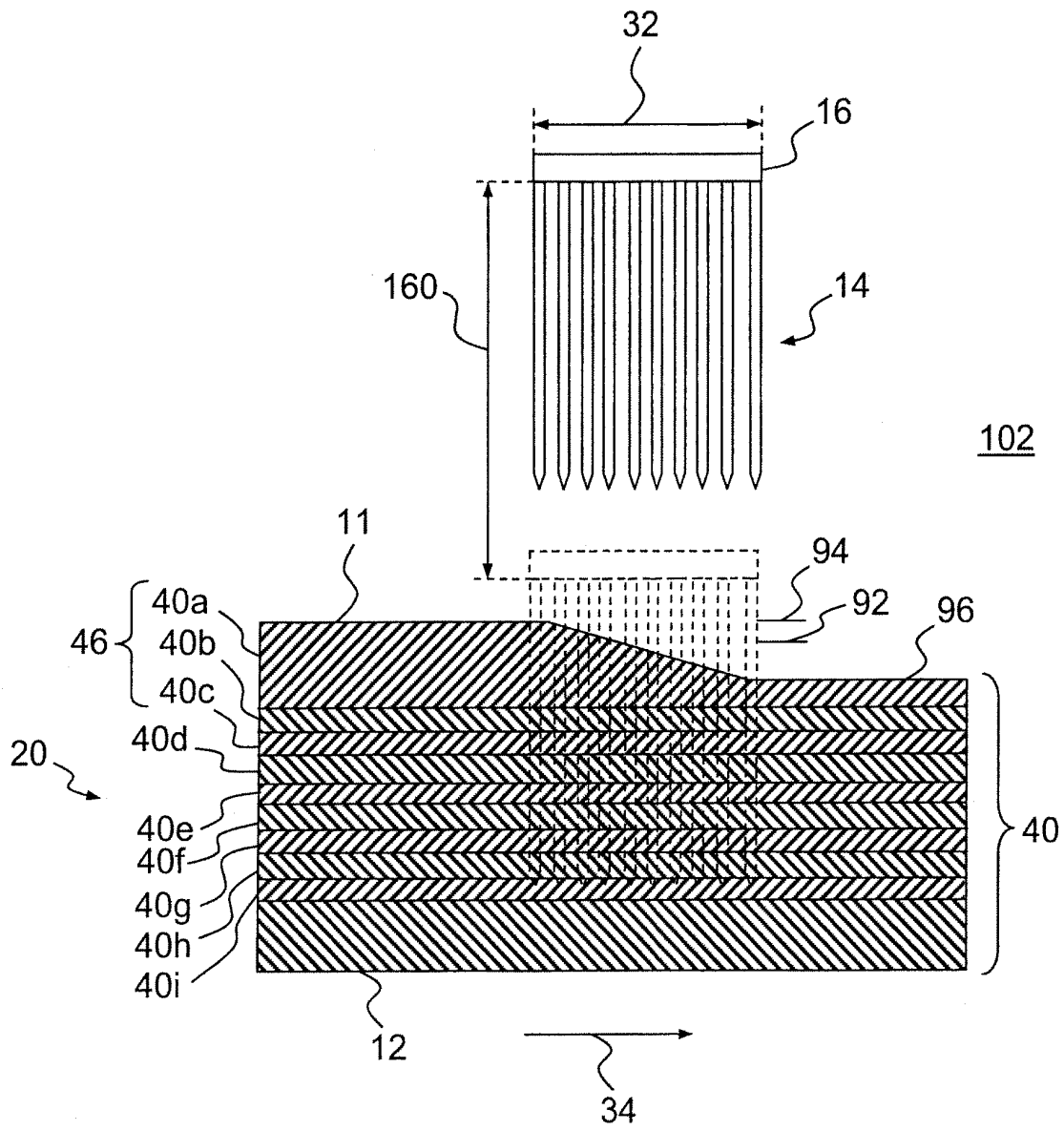


FIG. 2

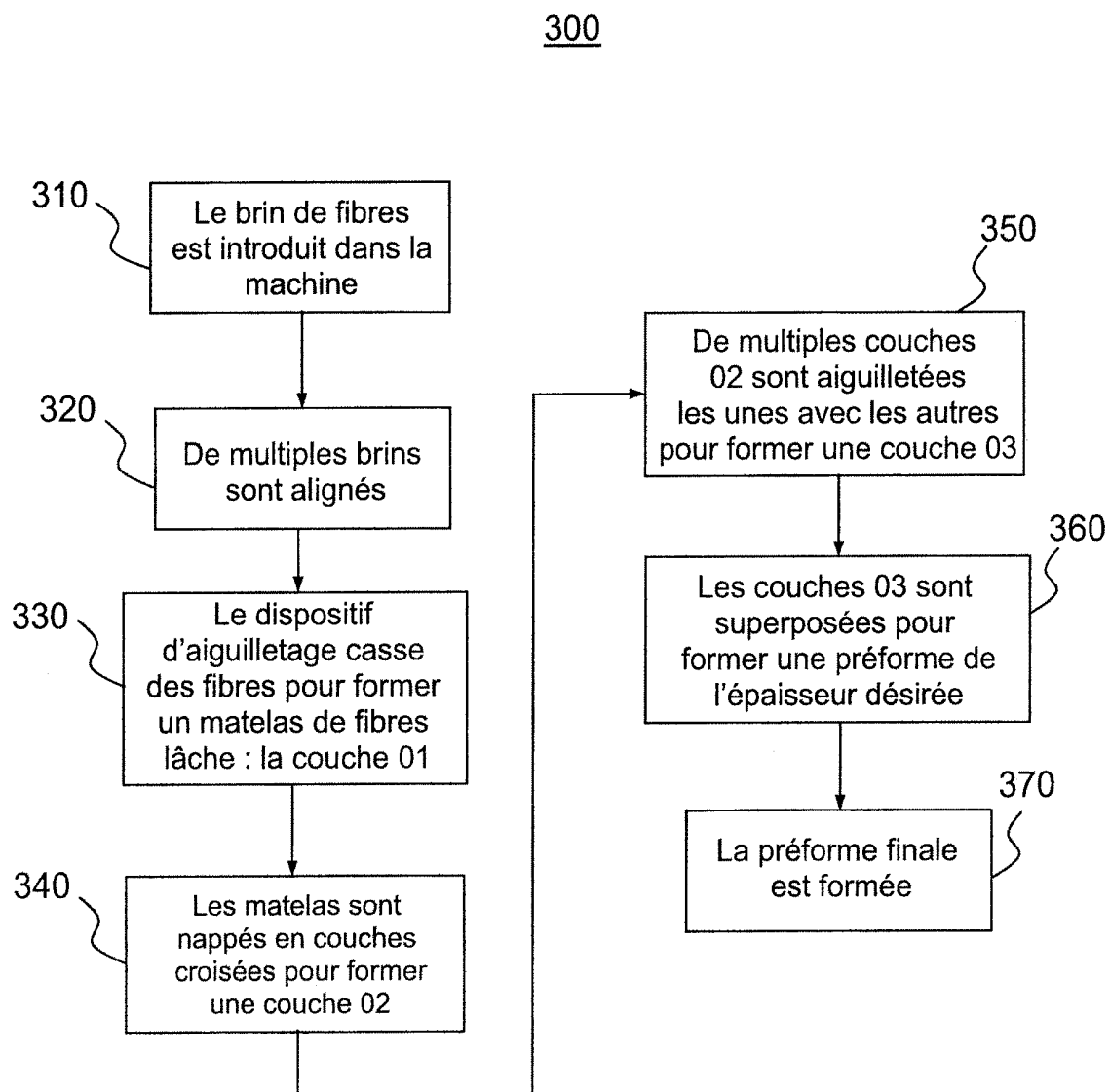


FIG.3

4/5

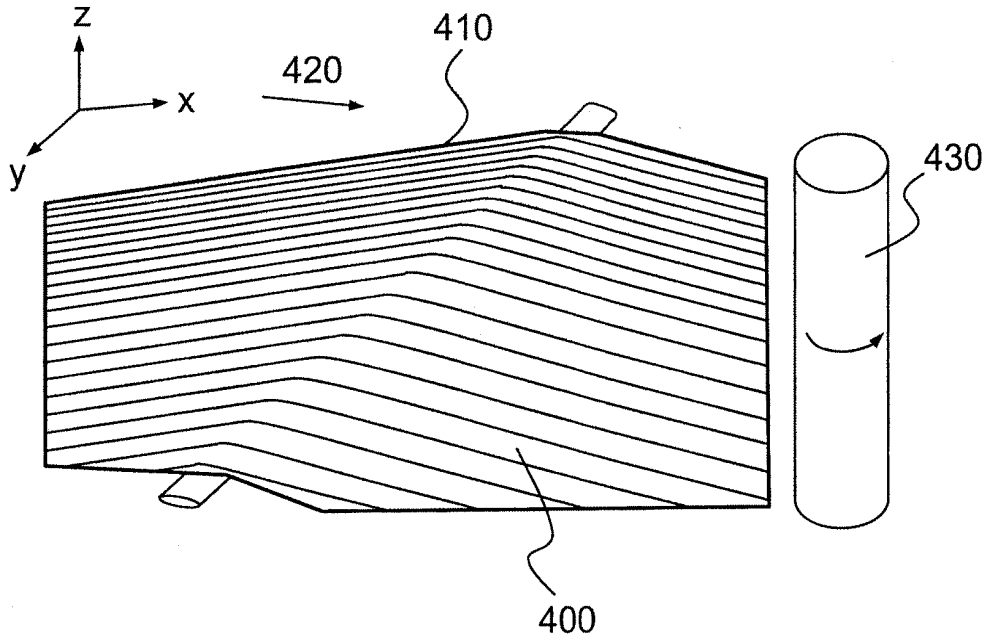


FIG. 4

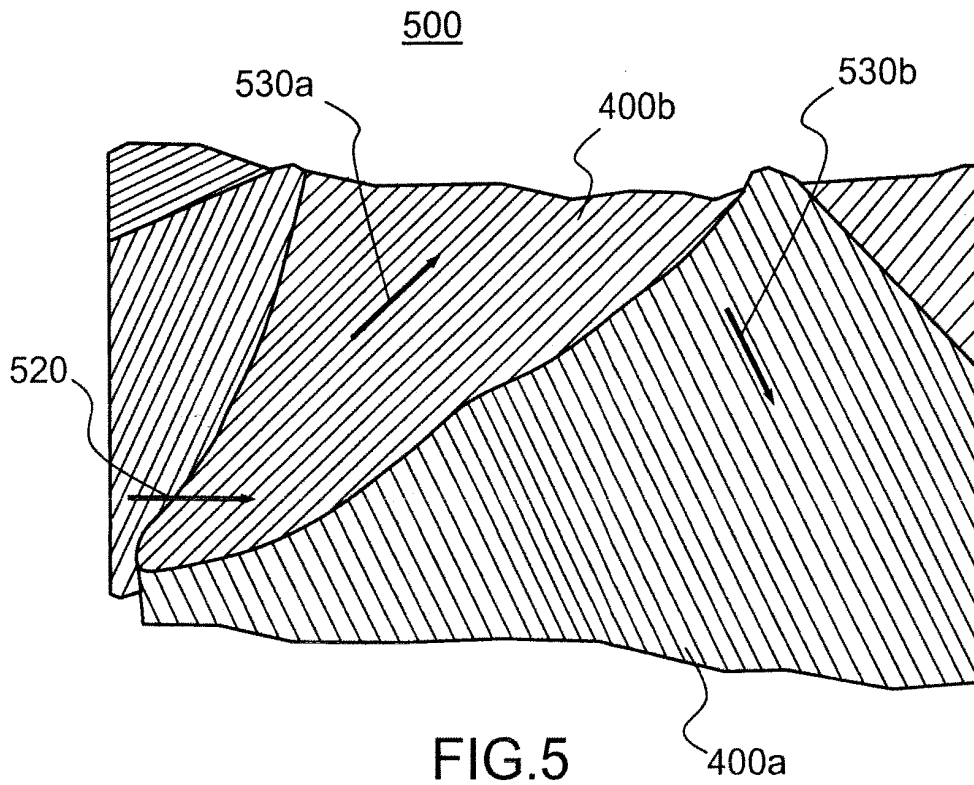


FIG. 5

