

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la
Propriété Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
27 décembre 2012 (27.12.2012)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2012/175835 A1

- (51) Classification internationale des brevets :
B32B 3/02 (2006.01) *B32B 3/10* (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2012/051163
- (22) Date de dépôt international :
23 mai 2012 (23.05.2012)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
11 55567 23 juin 2011 (23.06.2011) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **CHERMANT, Alexis** [FR/FR]; Chemin Blandin, F-14640 Auberville (FR).
- (72) Inventeur; et
- (71) Déposant : **BRUN, Frédéric** [FR/FR]; 1, rue de Cornouailles, F-14000 Caen (FR).
- (74) Mandataires : **COUSIN, Geoffroy** et al.; Cabinet Plasse-raud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM,

AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv)

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : CORE OF SHEET STRUCTURAL MATERIAL AND ASSEMBLY PROCESS

(54) Titre : AME DE MATERIAU STRUCTURAL FEUILLE ET PROCEDE D'ASSEMBLAGE

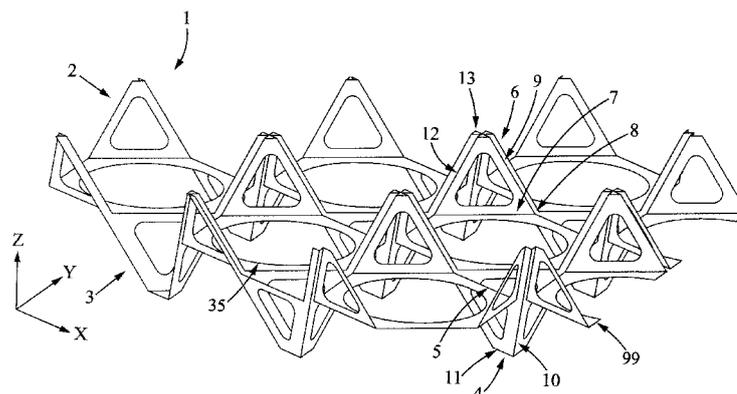


FIG. 1

(57) Abstract : Core of sandwich structural material comprising an assembly of several sheets comprising at least a first sheet and a second sheet that are provided on at least one of the faces thereof with a plurality of periodically distributed polygonal-based pyramid frustums, the superposition of these sheets in the thickness direction forming a three-dimensional network of hollow tubular channels which extend from one face of one sheet to one face of another sheet along a channel direction, and that are each defined by a peripheral wall, this peripheral wall being provided both by the first sheet and by the second sheet.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



WO 2012/175835 A1

Âme de matériau structural sandwich comprenant un assemblage de plusieurs feuilles comportant au moins une première et une deuxième feuilles munies sur au moins l'une de leurs faces d'une pluralité de troncs de pyramides à base polygonale répartis périodiquement, la superposition de ces feuilles dans la direction d'épaisseur formant un réseau tridimensionnel de canaux tubulaires creux s'étendant d'une face d'une feuille à une face d'une autre feuille selon une direction de canal, et définis chacun par une paroi périphérique, cette paroi périphérique étant fournie à la fois par la première feuille et par la seconde feuille.

AME DE MATERIAU STRUCTURAL, FEUILLE ET PROCEDE D'ASSEMBLAGE

DOMAINE DE L'INVENTION

La présente invention est relative à une âme de
5 matériau structural, une feuille composant une telle âme,
un matériau structural sandwich comportant une telle âme
ainsi que le procédé de fabrication d'une telle âme.

Les matériaux structuraux sandwich sont généralement
composés de deux peaux externes solidarisées sur les faces
10 opposées d'une âme. Ladite âme peut être réalisée dans une
grande variété de matières constitutives et est faite de
telle sorte qu'elle possède une forte résistance
structurale à la compression et à la flexion tout en
conservant un poids minimal. Ces matériaux structuraux
15 possèdent de nombreuses applications par exemple dans le
domaine de l'aéronautique ou de l'automobile.

Parmi ces matériaux, les plus connus sont ceux
comportant une âme en nid d'abeille. Ces âmes sont
constituées de feuilles mises en forme puis fixées ensemble
20 à des points précis pour constituer un réseau d'alvéoles de
profil hexagonal, parfois déformé, qui s'étendent
perpendiculairement audites peaux externes. De nombreux
matériaux peuvent être utilisés pour la réalisation de
cette âme, par exemple du carton, de l'aluminium, du
25 plastique, des matières composites ou des métaux.

Les feuilles constituant l'âme du matériau structural
étant disposées orthogonalement à la surface du sandwich et
leur structure étant développable, les caractéristiques
mécaniques des âmes en nid d'abeille sont donc fortement
30 anisotropes. Celles-ci présentent, par exemple, une
résistance moins bonne à la flexion qu'à la compression.
Différentes structures ont été développées pour tenter de
remédier à cet inconvénient.

ARRIERE PLAN TECHNOLOGIQUE

35 Le document FR-A-2 922476 décrit un exemple d'une telle

structure constituée d'un empilement de feuilles munies sur leurs faces d'une pluralité de nervures parallèles, lesdites nervures étant complémentaires d'une feuille à l'autre. L'empilement de ces feuilles constitue une structure non-développable présentant une amélioration de la rigidité en flexion et en compression.

OBJETS DE L'INVENTION

La présente invention a pour but de proposer un matériau et une structure d'âme présentant de meilleures caractéristiques de résistance tout en possédant un poids plus faible et constituant une alternative économiquement viable aux solutions connues.

À cet effet, selon l'invention, l'âme de matériau structural sandwich est remarquable :

- en ce qu'elle comporte au moins une première et une deuxième feuilles munies d'une pluralité de troncs de pyramide à base polygonale répartis périodiquement,

- en ce que la superposition desdites première et deuxième feuilles forme un réseau tridimensionnel de canaux tubulaires creux s'étendant d'une face d'une feuille à une face d'une autre feuille selon une direction de canal, et définis chacun par une paroi périphérique, cette paroi périphérique étant fournie à la fois par la première feuille et par la seconde feuille.

Par réseau tridimensionnel de canaux, on entend que le réseau comprend au moins trois canaux dont les directions de canal sont non coplanaires.

Chacun desdits canaux possède une rigidité importante en compression suivant sa direction de canal. Le réseau des canaux tubulaires étant tridimensionnel, la résistance mécanique de la structure est donc importante dans toutes les directions de l'espace, ce qui confère au matériau une rigidité importante tant en flexion qu'en compression. L'âme de matériau structural selon l'invention présente en outre de très bonnes propriétés en tant qu'absorbeur

d'énergie, par exemple lors de chocs. Enfin, les canaux ou les interstices inter canaux permettent le passage de câbles ainsi que l'installation aisée de capteurs ou de jauges physiques.

5 De façon avantageuse, lesdites première et deuxième feuilles peuvent être identiques. La deuxième feuille étant retournée par rapport à la première suivant un axe compris dans le plan de ladite feuille afin de créer ledit réseau de canaux creux lors de la superposition desdites feuilles.
10 De cette sorte, le coût et la complexité de fabrication des âmes peuvent être réduits de façon importante.

De préférence, lesdits troncs de pyramide comprendront chacun une base, des faces, un sommet et des arêtes reliant la base au sommet, lesdites arêtes ménageant des zones
15 rentrantes situées entre des surfaces périphériques d'adhésion. Les zones rentrantes d'une première feuille étant complétées par les surfaces en regard d'une deuxième feuille pour définir la paroi périphérique des canaux tubulaires creux. Ces deux feuilles seront fixées entre
20 elles au niveau des surfaces périphériques d'adhésion par un procédé d'adhésion qui peut être par exemple un soudage, un thermocollage ou un assemblage.

Afin d'obtenir les meilleures propriétés mécaniques, le réseau des canaux tubulaires sera tridimensionnel, c'est-à-dire
25 qu'il comprendra des canaux dont les directions de canal ne sont pas parallèles.

Selon un mode de réalisation de l'invention, la superposition des premières et secondes feuilles peut être réalisée en quinconce, la deuxième feuille étant alors
30 placée à cheval sur plusieurs premières feuilles disposées côte à côte. Ceci permettra d'assurer une bonne liaison mécanique entre lesdites premières feuilles.

Pour étendre le matériau structural dans sa direction d'épaisseur, l'âme conforme à la présente invention est
35 avantageusement telle :

- qu'elle comporte en outre une troisième et une quatrième feuilles présentant les mêmes caractéristiques que la première et la deuxième feuilles et dont la superposition dans la direction d'épaisseur forme un réseau
5 tridimensionnel de canaux tubulaires creux,

- que lesdites première et quatrième feuilles sont superposées et fixées l'une à l'autre par le sommet de chacun desdits troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles.

10 Pour assurer la continuité des canaux creux lors de la superposition de plusieurs tels assemblages de feuilles, les sommets desdits troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles présenteront avantageusement une surface plane.

15 Selon un autre mode de réalisation de la présente invention, les sommets des troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles présenteront des parties en retrait permettant d'assurer l'alignement des directions de canal desdits canaux creux lors de la superposition de
20 plusieurs assemblages de feuilles. Cet alignement confèrera les meilleures propriétés mécaniques à la structure.

L'invention a également pour objet une feuille munie d'une pluralité de troncs de pyramide à base polygonale répartis périodiquement. Lesdites pyramides présentant des
25 zones rentrantes situées entre des surfaces périphériques d'adhésion, les zones rentrantes de deux telles feuilles superposées définissant alors des canaux tubulaires creux.

Une âme conforme à la présente invention peut aisément être munie d'au moins une peau externe fixée sur au moins
30 l'une de ses faces opposées pour constituer un matériau structural sandwich.

Enfin, l'invention a également pour objet un procédé pour la réalisation d'une âme de matériau structural sandwich composée d'assemblage de plusieurs feuilles
35 comportant au moins une première et deuxième feuilles

munies sur au moins l'une de leurs faces d'une pluralité de troncs de pyramide à base polygonale répartis périodiquement, lesdites pyramides présentant des zones rentrantes situées entre les surfaces périphériques d'adhésion, les zones rentrantes desdites feuilles superposées définissant des canaux tubulaires creux, caractérisé en ce qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

10 - une étape consistant à former lesdits troncs de pyramide dans lesdites feuilles, et

- une étape consistant à superposer et fixer l'une à l'autre lesdites feuilles.

Selon un premier mode de réalisation de ce procédé de fabrication, l'étape consistant à former les troncs de pyramide dans lesdites feuilles comprendra une étape de pliage desdites feuilles.

Selon un second mode de réalisation de ce procédé de fabrication, l'étape consistant à former les troncs de pyramide dans lesdites feuilles comprendra une étape de déformation plastique desdites feuilles.

Selon une variante de ces modes de réalisation, on pratiquera préalablement une pluralité d'ouvertures dans les feuilles de façon à alléger l'âme du matériau structural.

25 Par ailleurs on pourra former et assembler une troisième et une quatrième feuilles de façon identique auxdites première et deuxième feuilles puis superposer et fixer l'une à l'autre lesdites première et quatrième feuilles par les sommets de leurs troncs de pyramide.

30 D'une manière générale, certains modes de réalisation de l'invention présentent les avantages suivants. Le procédé de fabrication est facilement industrialisable car les étapes sont simples à mettre en œuvre en utilisant des moyens techniques existants. Les feuilles peuvent être
35 toutes identiques et la constitution du réseau tubulaire

creux puis du matériau structural se fait simplement en retournant les feuilles avant de les superposer et de les assembler. L'âme de matériau structural sandwich peut être d'épaisseur et de dimensions arbitraires. La rigidité mécanique du matériau que ce soit en flexion ou en compression ne dépend que du réseau tubulaire creux, l'âme du matériau structural sandwich peut donc être allégée de façon importante en pratiquant des ouvertures dans les feuilles constituant la structure. Enfin le réseau tubulaire étant tridimensionnel, la résistance mécanique du matériau est beaucoup plus élevée, à masse volumique égale, que celle des matériaux de type nid d'abeille.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description suivante.

Sur les dessins :

- la figure 1 est une vue en perspective d'une feuille extraite de l'assemblage constituant l'âme du matériau structural sandwich,
- la figure 2a présente une maille élémentaire extraite de la feuille précédente,
- la figure 2b et la figure 2c indiquent comment deux mailles élémentaires de deux feuilles sont superposées pour créer le réseau de canaux creux,
- les figures 2d et 2e correspondent aux coupes IID et IIE et illustrent la position des canaux tubulaires creux créés par la superposition des première et deuxième feuilles,
- la figure 3 présente un mode de réalisation dans lequel des ouvertures sont pratiquées dans les feuilles pour ne conserver que les canaux creux et des surfaces périphériques d'adhésion,
- la figure 4 présente l'assemblage de deux sandwichs constitué chacun par la superposition d'une première et d'une deuxième feuille,

- les figures 5a, 5b et 5c détaillent les structures situées aux sommets des troncs de pyramides et qui permettent l'empilement des sandwichs de la figure 4,

5 - la figure 6 présente un assemblage en quinconce de plusieurs feuilles pour constituer une structure de grande étendue.

- les figures 7a, 7b et 7c, présentent d'autres modes de réalisations conformes à la présente invention, dans lesquels les bases des troncs de pyramides, ainsi que le
10 réseau que forment ces dernières sont différents,

- les figures 8a, 8b et 8c ainsi que les figures 9a et 9b présentent deux procédés de réalisation d'une feuille de la présente invention par pliage d'une feuille préalablement embossée,

15 - la figure 10 présente un procédé de fabrication de la présente invention suivant un mode de réalisation,

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

DESCRIPTION DETAILLEE

20 La figure 1 présente une feuille 1 extraite de l'assemblage constituant l'âme du matériau structural sandwich selon un mode de réalisation de la présente invention. Cette feuille 1 s'étend dans les directions d'extension X et Y et possède une face supérieure 2 ainsi
25 qu'une face inférieure 3 situées de part et d'autre d'un plan médian 99, lesdites faces étant donc opposée dans la direction d'épaisseur Z.

Du côté de la face inférieure 3, la feuille présente un réseau périodique de troncs de pyramides 4 formés chacun
30 d'un sommet 11, d'arêtes 10 ainsi que d'une base triangulaire 5 sur le plan médian 99. Du côté de la face supérieure 2, la feuille présente un réseau périodique de troncs de pyramides 6 constitués chacun d'une base 7, d'arêtes 12 et d'un sommet 13. Les bases 7 sont situées au
35 niveau du plan médian 99. Elles sont globalement

triangulaires avec des côtés rentrants 8 au niveau des sommets. Ces côtés rentrants 8 s'étendent le long des arêtes 12 pour former des zones rentrantes 9 qui courent de la base 7 au sommet 13 des troncs de pyramides 6.

5 Le réseau formé par lesdites bases 5 et lesdites bases 7 sur le plan médian 99 est un réseau kagomé, c'est-à-dire que les bases 5 sont chacune entourée de trois bases 7 liées chacune à ladite base 5 respective par un sommet. Les sommets desdites bases 5 pénètrent légèrement les sommets
10 des bases 7, ce qui crée lesdits côtés rentrants 8 au niveau desdits sommets des bases 7. Des hexagones plans 35 complètent le plan médian, chacun de leurs côtés correspondant à un tronc de pyramide distinct. Comme représenté sur la figure 1, les faces quadrilatérales des
15 troncs de pyramides ainsi que les hexagones 35 peuvent être évidés pour alléger la structure.

D'autres réseaux ainsi que d'autres formes pour les bases polygonales 5 et 7 desdits troncs de pyramides 4 et 6 peuvent être envisagés comme indiqué ci-après. Le plan
20 médian 99 pourra être omis dans certains modes de réalisation.

La feuille 1 pourra par exemple être réalisée dans un matériau comme un plastique, un métal, un alliage, un matériau composite ou une résine. L'épaisseur du matériau
25 constituant la feuille 1 pourra aller de 5 micromètres à 2 millimètres.

Les figures 2a à 2e présentent la façon de procéder à l'assemblage de deux feuilles selon une variante du mode de réalisation de la figure 1 pour constituer un réseau de
30 canaux tubulaires creux.

Sur la figure 2a, une maille élémentaire 77 a été isolée à partir d'une variante du mode de réalisation de la feuille 1. Cette maille est constituée d'un tronc de pyramide 4 ainsi que d'un tronc de pyramide 6. Les zones
35 rentrantes 9 forment des moitiés de canaux tubulaires creux

et sont entourées de surfaces périphériques d'adhésion 14.

La figure 2b indique comment deux feuilles 16 et 17, identiques à la feuille 1 de la figure 1, doivent être positionnées l'une par rapport à l'autre avant d'être
5 superposées pour créer ledit réseau de canaux creux. La feuille 16 est retournée par rapport à la feuille 17 suivant un axe de rotation situé dans le plan de ladite feuille 16, c'est-à-dire le plan (X, Y). Cette opération permet d'amener les troncs de pyramide 6 de la feuille 17
10 en regard des troncs de pyramide 4 de la feuille 16 et les surfaces périphériques d'adhésion 14 en regard des surfaces périphériques 15 parallèles.

Les feuilles 16 et 17 sont ensuite amenées au contact l'une de l'autre et fixées ensemble au niveau des surfaces
15 14 et 15 pour obtenir le sandwich 19 de la figure 2c. La superposition des troncs de pyramides 6 de la feuille 17 et des troncs de pyramides 4 de la feuille 16 permet de compléter les zones rentrantes 9 du tronc de pyramide 6 par les parois du tronc de pyramide 4 pour obtenir des canaux
20 tubulaires creux 18 dont les parois sont formées à la fois par la feuille 16 et par la feuille 17. Le sandwich 19 de la figure 2c comporte donc des troncs de pyramides 20 situés sur la face supérieure et des troncs de pyramides 21 situés sur la face inférieure, lesdits troncs 20 et 21
25 étant symétriques l'un de l'autre par rapport au plan (X, Y), constitués par l'assemblage des deux feuilles 16 et 17 et comprennent chacun des canaux tubulaires creux 18.

La coupe 2d du sandwich 19, réalisée suivant le plan (X, Z) permet d'observer un canal tubulaire creux 18a coupé
30 par un plan comprenant sa direction de canal, ledit canal creux étant donc visible dans sa plus grande extension, ainsi que deux canaux tubulaire creux 18b dont les directions de canal sont situées suivant la direction Y et qui sont donc coupés transversalement à ladite direction de
35 canal. Les parois des canaux 18a et 18b sont constituées

pour partie par la feuille 16 et pour le reste par la
feuille 17. Le canal 18a s'étend depuis le sommet 22 de la
pyramide 20 jusqu'au sommet 23 de la pyramide 21. Sa
direction de canal comprend donc des composantes non-nulles
5 suivant les directions X et Z. Les directions des canaux
18b comprennent quant à elles des composantes non-nulles
suivant la direction Y. D'autres canaux tubulaires creux 18
du sandwich 19 posséderont des directions de canal
s'étendant suivant d'autres directions de l'espace.

10 La coupe IIE du sandwich 19, réalisée suivant le plan
(X, Y) au niveau du tronc de pyramide 20, permet d'observer
trois canaux tubulaires creux 18 situés au niveau des
sommets de la base 7 dudit tronc de pyramide 20. La coupe
IIE permet aussi d'observer la superposition des surfaces
15 périphériques 14 et 15 permettant la fixation des feuilles
16 et 17 entre elles.

La figure 3 présente un sandwich 19 suivant un autre
mode de réalisation de la présente invention. Le réseau des
canaux creux est tridimensionnel, lesdits canaux s'étendant
20 suivant toutes les directions de l'espace, ce qui confère à
la structure des propriétés mécaniques intéressantes. Dans
le mode de réalisation présenté sur la figure 3, des
ouvertures sont pratiquées dans les feuilles 16 et 17 pour
ne conserver que les parois des canaux tubulaires creux et
25 les surfaces d'adhésion périphériques, ceci afin d'alléger
ladite structure. Ainsi, ce mode de réalisation ne présente
pas de plan médian, la base d'une pyramide étant
représentée en pointillés. De plus, des sommets adjacents
de pyramide sont reliés entre eux, par exemple 3 à 3, par
30 une structure radiale 36, 37 respective.

Selon un mode de réalisation de la présente invention
représenté sur la figure 4, deux sandwichs 24 et 25,
constitués chacun de deux feuilles superposées 16 et 17
comme détaillé sur la figure 2c pour le sandwich 19,
35 peuvent être superposés pour donner plus d'étendue spatiale

à l'âme 27 dans sa direction d'épaisseur. Les sandwichs 24 et 25 sont reliés entre eux par l'assemblage 26 des sommets 23 des troncs de pyramides 21 du sandwich 24 et des sommets 22 des troncs de pyramides 20 du sandwich 25.

5 Suivant d'autres modes de réalisations de la présente invention, d'autres sandwichs de feuilles 19 pourront être superposés à ladite âme 27, ceci permettant de constituer une âme d'épaisseur arbitraire.

Les figures 5a, 5b et 5c présentent deux modes de
10 réalisation de l'assemblage 26 desdits sommets 22 et 23 des sandwichs 24 et 25. La figure 5a est une vue de dessus de l'âme 27 de la figure 4 permettant d'indiquer le plan des coupes VB et VC.

Dans un premier mode de réalisation des sommets 22 et
15 23, présenté figure 5b, lesdits sommets sont constitués par des surfaces planes 27. L'assemblage 26 desdites surfaces planes 27 permet de mettre en regard les extrémités des canaux tubulaires creux 18 des sandwichs 24 et 25.

Dans un second mode de réalisation, illustré figure 5c,
20 les sommets 22 et 23 présentent des parties en retrait 28 permettant l'alignement des directions de canal des canaux 18 du sandwich 24 et du sandwich 25. La coupe VC desdites parties en retrait 28 est orthogonale à la direction de canal des canaux 18. Ce mode de réalisation permet le
25 meilleur transfert des efforts exercés sur les canaux tubulaires 18 d'un sandwich à l'autre.

D'autres modes de réalisation dudit assemblage 26 pourront être utilisés par l'homme du métier en variant la géométrie des sommets 22 et 23.

30 Enfin, comme illustré par la figure 6, le sandwich 19 de deux feuilles peut être réalisé en quinconce de façon à former une âme de matériau structural sandwich de grande extension. Pour ce faire selon un mode de réalisation, la feuille 34 est superposée et fixée à cheval sur quatre
35 feuilles 30, 31, 32 et 33 de façon à former une structure

résistante. L'assemblage en quinconce permet une amélioration importante des propriétés mécaniques lors de l'assemblage de plusieurs feuilles dans le plan d'extension (X, Y), en comparaison d'un simple collage des extrémités desdites feuilles ou d'une simple superposition développable.

Selon d'autres modes de réalisation de l'invention, les côtés rentrants 8 pourront être placés à d'autres endroits de la base 7, par exemple sur les côtés de ladite base, et pourront être, dans tous les modes de réalisation, remplacés par ou associés à des côtés sortants, s'étendant par les arêtes 12 en zones sortantes, sur les troncs de pyramides 4 ou 7.

La figure 7a présente un autre mode de réalisation de la feuille 1 extraite de l'assemblage constituant l'âme du matériau structural sandwich. Dans ce mode de réalisation, les troncs de pyramide sont à base hexagonale et comportent des faces triangulaires évidées 38 alternées avec des faces quadrilatérales 39. Les zones rentrantes 8 sont formées dans les faces quadrilatérales 39 des troncs de pyramides. La partie entourant la zone rentrante forme la surface périphérique d'adhésion 14. Le plan médian 99 est absent de ce mode de réalisation.

La figure 7b présente un autre mode de réalisation de ladite feuille 1 dans lequel les troncs de pyramides sont assemblés suivant un réseau triangulaire, les bases triangulaires desdits troncs étant jointes par leurs cotés.

La figure 7c présente encore un autre mode de réalisation pour ladite feuille présentée figure 1, les troncs de pyramides étant à base carrée, avec des zones en retrait situées au niveau des arêtes desdits carrés.

Un procédé de fabrication d'une feuille conforme à l'invention est illustré sur les figures 8a, 8b et 8c. Partant d'une feuille 41 munie d'ouvertures, deux étapes de pliage indiquées sur les figures 8a et 8b permettent de

d'aboutir à la feuille 1 présentée figure 8c.

Un autre procédé de réalisation d'une feuille de la présente invention est présenté sur les figures 9a et 9b, dans lequel une seule étape de pliage permet, partant d'une
5 feuille 41 préalablement munie d'ouvertures présentée figure 9a, de parvenir à la feuille 1 de la figure 9b.

Enfin, un procédé de fabrication d'une âme de matériau structural sandwich selon un mode de réalisation est illustré Figure 10, une première étape 100, optionnelle,
10 consiste à pratiquer des ouvertures dans une feuille pour alléger le matériau et permettre si besoin un pliage aisé de ladite feuille. Au cours d'une étape 200 les troncs de pyramide sont formés dans ladite feuille par pliage de ladite feuille, déformation plastique, embossage, moulage
15 de la feuille par injection et/ou toute autre méthode ou combinaison des méthodes précédemment citées permettant de réaliser une telle feuille munie de tronc de pyramides. Une étape 300 consiste ensuite à superposer et fixer deux à deux les feuilles munies de leurs troncs de pyramides pour
20 obtenir le réseau de conduits tubulaires creux. Enfin au cours d'une étape 400 on superpose et on fixe l'une à l'autre des sandwichs obtenus à l'étape 300 pour former une âme de dimensions arbitraires.

On peut obtenir un matériau structural sandwich en
25 superposant, sur au moins l'une des faces opposée d'une âme obtenue par un des modes de réalisation du procédé de fabrication précédemment décrit, une peau externe ou deux peaux externes. Lesdites peaux sont par exemple formées en matière composite d'un plastique renforcé par des fibres.

REVENDEICATIONS

1. Âme de matériau structural sandwich comprenant un assemblage de plusieurs feuilles comportant une première
5 feuille (17) s'étendant sensiblement selon des directions d'extension (X, Y), et présentant une première (2) et une deuxième (3) faces opposées selon une direction d'épaisseur (Z), cette feuille étant munie sur au moins l'une de ses faces (2) d'une pluralité de troncs de pyramides (6) à base
10 polygonale (7) répartis périodiquement, **caractérisé en ce qu'elle** comporte au moins une deuxième feuille (16) présentant les mêmes caractéristiques que ladite première feuille (17) et

en ce que la superposition desdites première (17) et
15 deuxième (16) feuilles dans la direction d'épaisseur (Z) forme un réseau tridimensionnel de canaux tubulaires creux (18) s'étendant d'une face d'une feuille à une face d'une autre feuille selon une direction de canal, et définis chacun par une paroi périphérique, cette paroi périphérique
20 étant fournie à la fois par la première (17) feuille et par la seconde (16) feuille.

2. Âme selon la revendication 1 caractérisée en ce que lesdites première (17) et deuxième (16) feuilles sont identiques, la deuxième feuille étant retournée par rapport
25 à la première suivant un axe compris dans le plan d'extension (X,Y) afin de créer ledit réseau de canaux creux (18) lors de la superposition desdites feuilles.

3. Âme selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle lesdits troncs de pyramide (6)
30 comprennent chacun une base (7), un sommet (13) et des arêtes (12) reliant la base (7) au sommet (13), lesdites arêtes ménageant des zones rentrantes (9) situées entre des surfaces périphériques d'adhésion (14), les zones rentrantes (9) d'une première feuille (17) pouvant être
35 complétée par des surfaces d'une deuxième feuille (16) et

former ainsi des canaux tubulaires creux (18).

4. Âme selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle le réseau de canaux tubulaires creux (18) comprend au moins trois canaux dont les directions de canal sont non coplanaires.

5. Âme selon l'une quelconque des revendications précédentes dans laquelle la superposition des premières et secondes feuilles est réalisée en quinconce, la seconde feuille (34) étant placée à cheval sur la première feuille (30) et sur d'autres feuilles (31, 32, 33) de l'assemblage de plusieurs feuilles.

6. Âme selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisée en ce que ladite âme comporte une troisième feuille et une quatrième feuille s'étendant toutes deux sensiblement selon des directions d'extension (X, Y) et présentant chacune des première et deuxième faces opposées selon une direction d'épaisseur (Z), chaque feuille étant munie sur au moins l'une de ses faces d'une pluralité de troncs de pyramide à base polygonale répartis périodiquement,

en ce que la superposition desdites troisième et quatrième feuilles dans la direction d'épaisseur forme un réseau tridimensionnel de canaux tubulaires creux s'étendant d'une face d'une feuille à une face d'une autre feuille selon une direction de canal, et définis chacun par une paroi périphérique, cette paroi périphérique étant fournie à la fois par la troisième et la quatrième feuilles,

en ce que lesdites première et quatrième feuilles sont superposées et fixées l'une à l'autre par l'assemblage (26) des sommets (22, 23) de chacun desdits troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles.

7. Âme selon la revendication 6 caractérisée en ce que les sommets (22, 23) desdits troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles présentent une surface plane

(27) de façon à assurer la continuité des canaux tubulaires creux (18) lors de la superposition de plusieurs assemblages (24, 25) de feuilles.

8. Âme selon la revendication 6 caractérisée en ce que
5 les sommets (22, 23) des troncs de pyramide desdites première et quatrième feuilles présentent des parties en retrait (28) de façon à assurer l'alignement des directions de canal des canaux tubulaires creux (18) lors de la superposition de plusieurs assemblages (24, 25) de
10 feuilles.

9. Feuille (1 ; 16 ; 17) munie sur au moins l'une de ses faces (2) d'une pluralité de troncs de pyramide (6) à base polygonale (7), répartis périodiquement, lesdits troncs de pyramides présentant des zones rentrantes (9)
15 situées entre les surfaces périphériques d'adhésion (14), les zones rentrantes (9) d'une telle feuille pouvant être complétées par les surfaces d'une feuille superposée pour définir des canaux tubulaires creux (18).

10. Matériau structural sandwich caractérisé en qu'il
20 comporte une âme (27) constituée par une structure conforme à au moins l'une quelconque des revendications 1 à 8 et au moins une peau externe fixée sur au moins l'une des faces opposées de ladite structure.

11. Procédé pour la réalisation d'une âme de matériau
25 structural sandwich composée d'assemblage de plusieurs feuilles comportant au moins une première (17) et deuxième (16) feuilles munies sur au moins l'une (2) de leurs faces d'une pluralité de troncs de pyramide (6) à base polygonale (7) répartis périodiquement, lesdites pyramides (6)
30 présentant des zones rentrantes (9) situées entre les surfaces périphériques d'adhésion (14), les zones rentrantes (9) desdites feuilles superposées définissant des canaux tubulaires creux (18), **caractérisé en ce** qu'il comprend au moins les étapes suivantes :

35 une étape (200) consistant à former lesdits troncs de

pyramide dans lesdites feuilles, et

une étape (300) consistant à superposer et fixer l'une à l'autre lesdites feuilles.

12. Procédé selon la revendication précédente
5 caractérisé en ce que l'étape (200) consistant à former lesdits troncs de pyramide dans lesdites feuilles comprends une étape de pliage desdites feuilles.

13. Procédé selon la revendication 11 caractérisé en ce
10 que l'étape (200) consistant à former lesdits troncs de pyramide dans lesdites feuilles comprend une étape de déformation plastique desdites feuilles.

14. Procédé suivant l'une des revendications 11 à 13
15 caractérisé en ce qu'il comprend en outre une étape (100) consistant à pratiquer une pluralité d'ouvertures dans lesdites feuilles préalablement à leur mise en forme de façon à alléger l'âme du matériau structural.

15. Procédé pour la réalisation d'une âme de matériau
20 structural sandwich selon l'une des revendications 11 à 14 caractérisé en ce que l'on forme (100, 200) et l'on assemble (300) une troisième et une quatrième feuilles de façon identique auxdites première et deuxième feuilles et, au cours d'une étape ultérieure (400), on superpose et on fixe l'une à l'autre lesdites première et quatrième feuilles par les sommets de leurs troncs de pyramide.

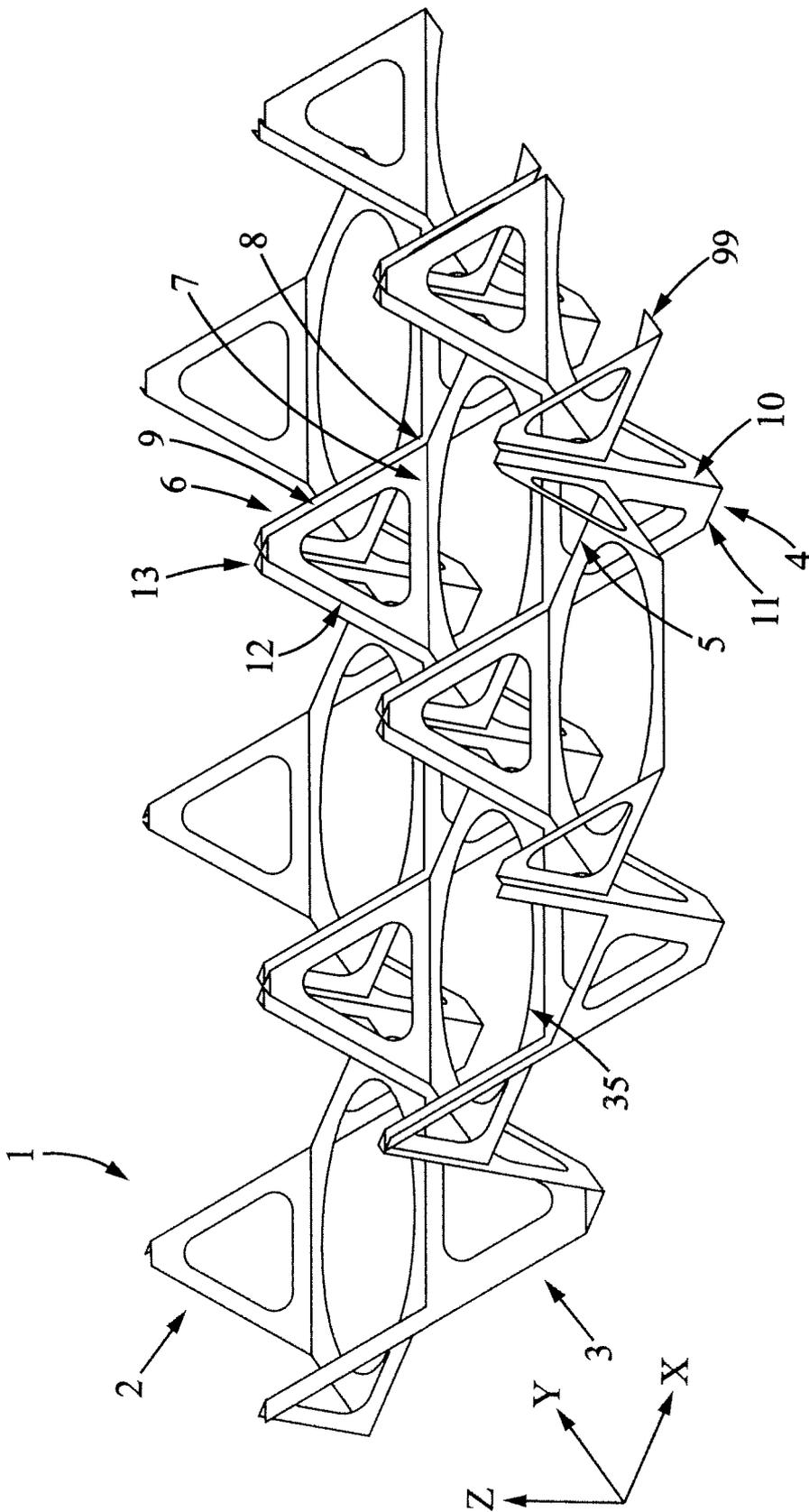


FIG. 1

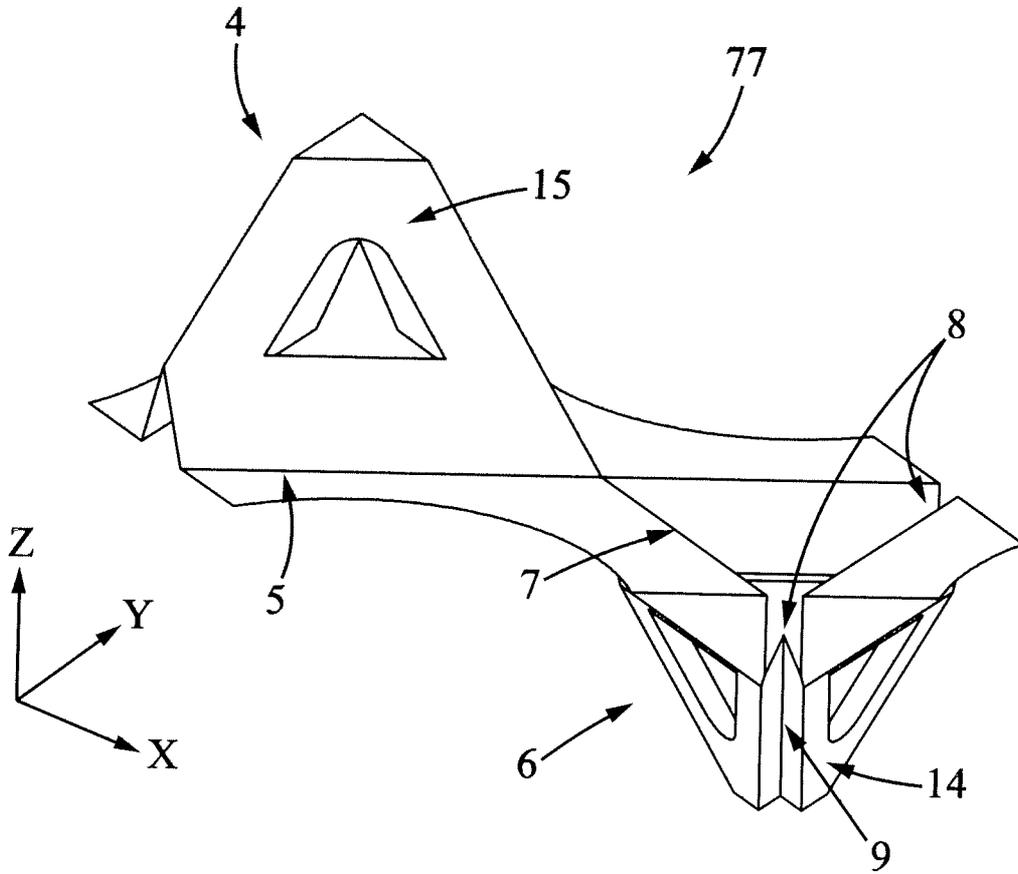


FIG. 2A

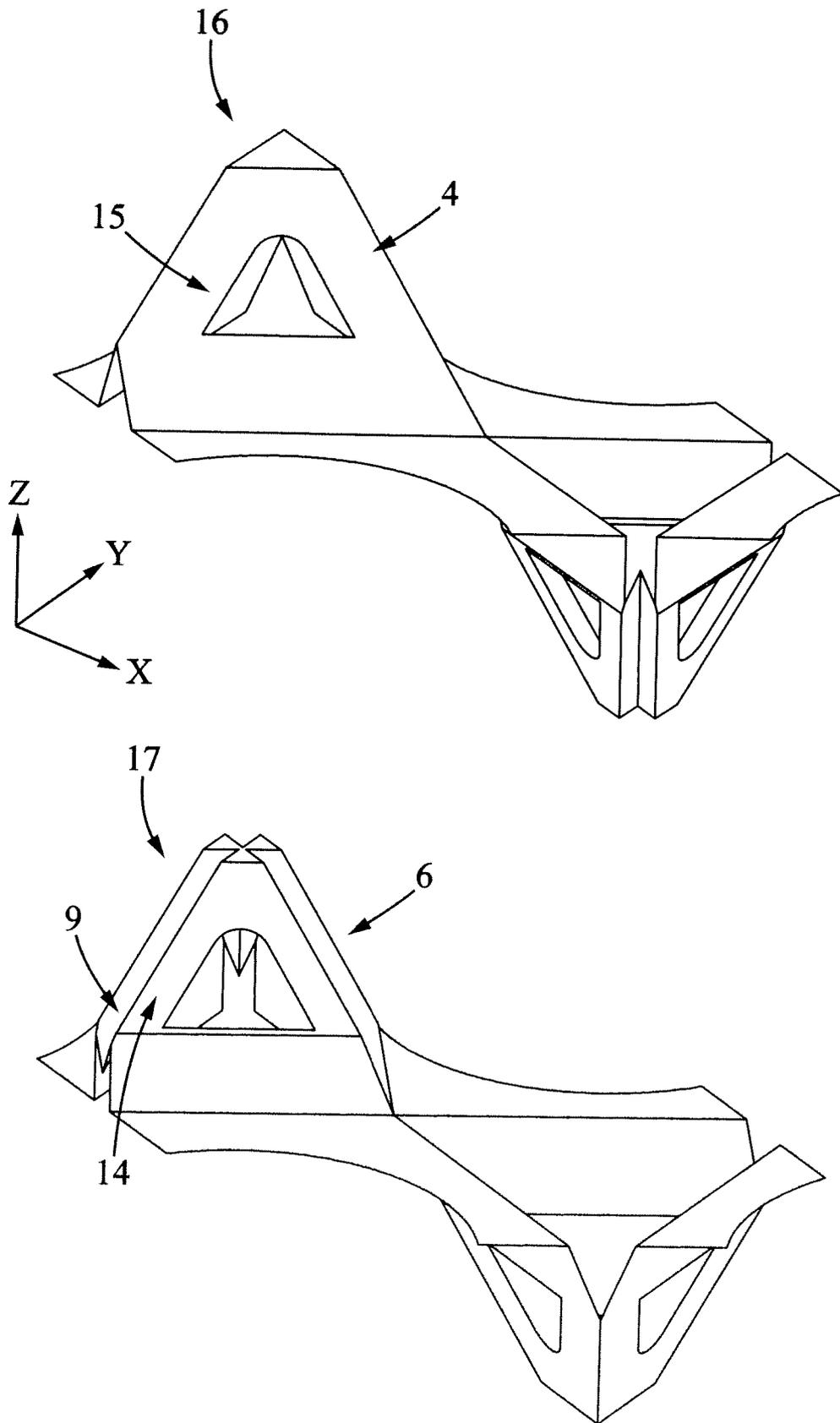
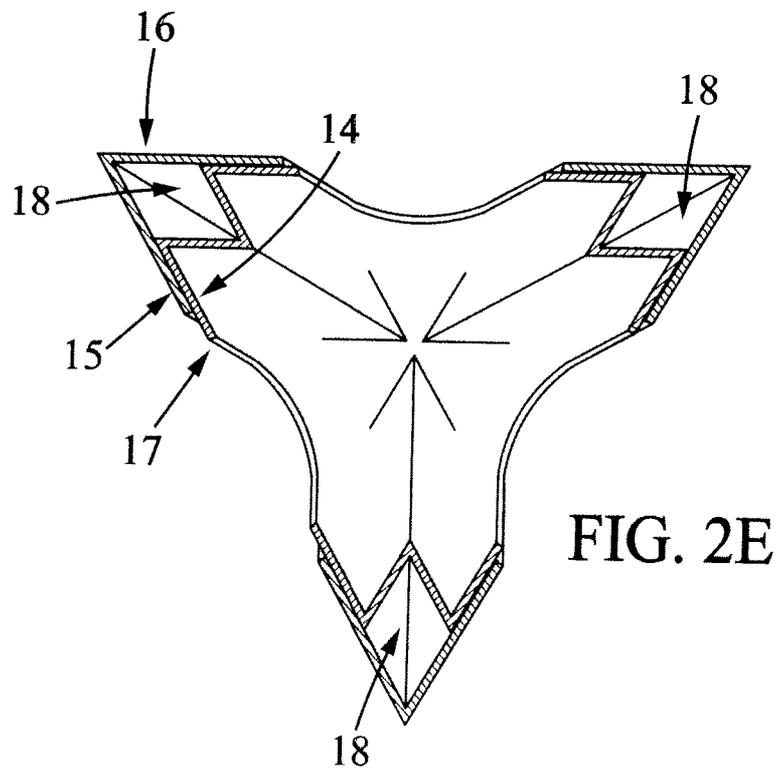
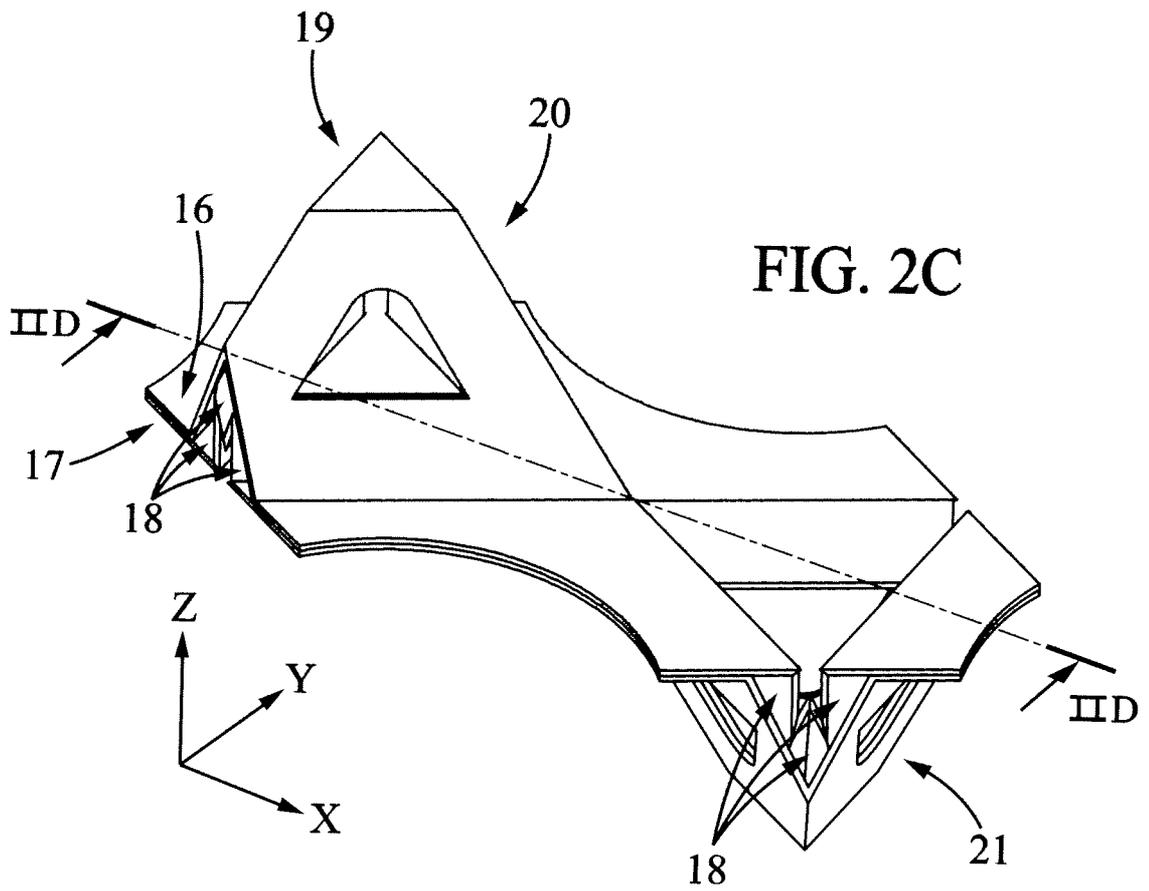
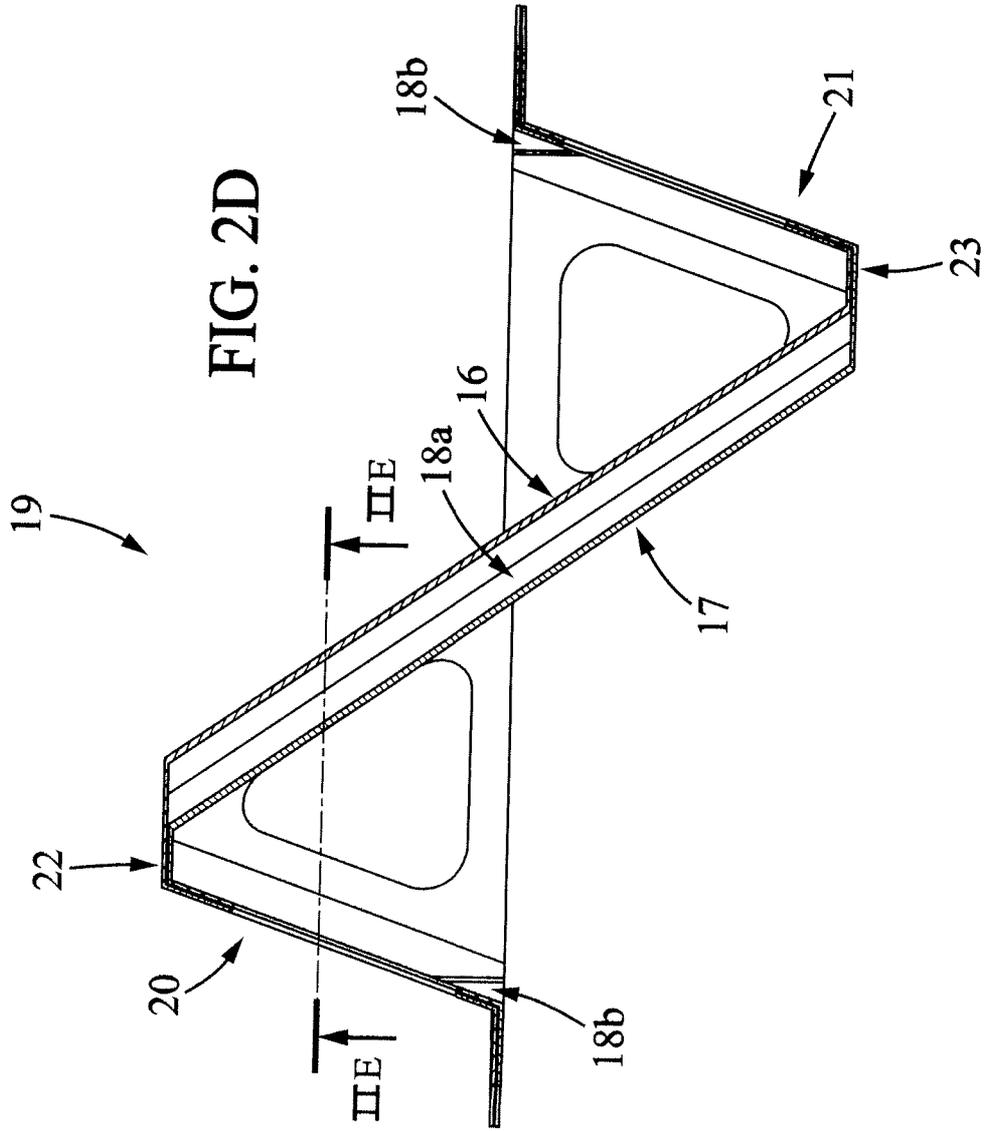


FIG. 2B





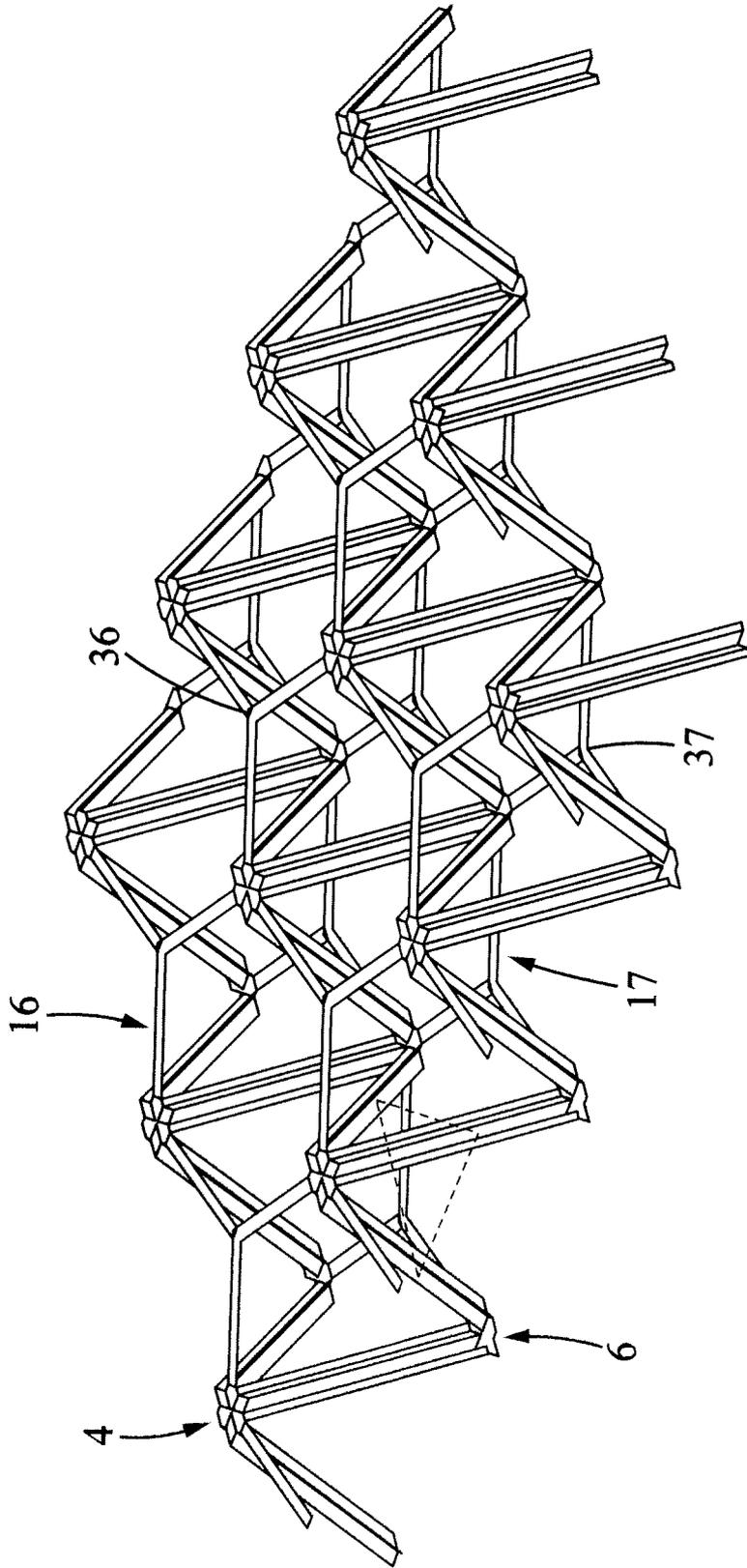


FIG. 3

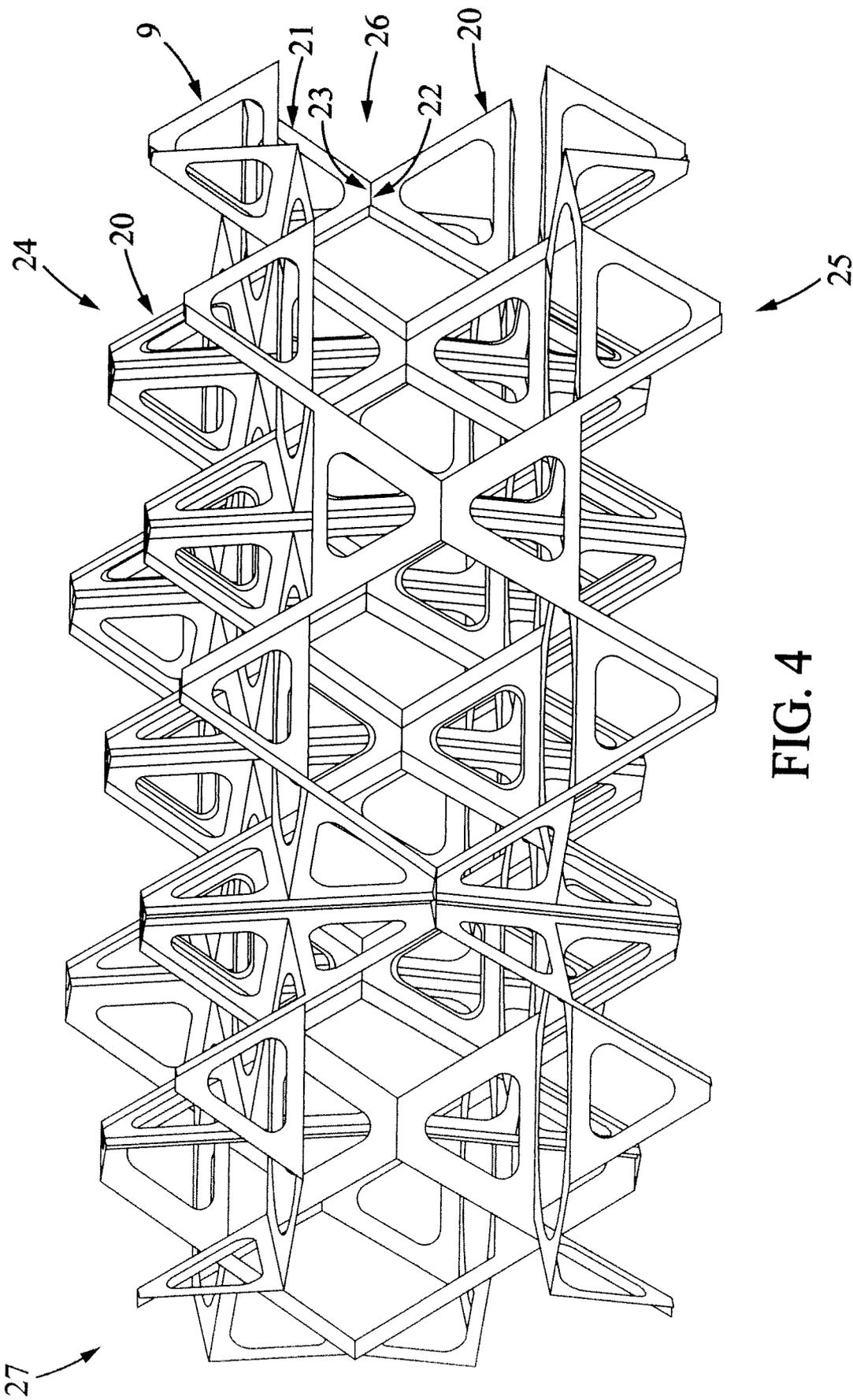


FIG. 4

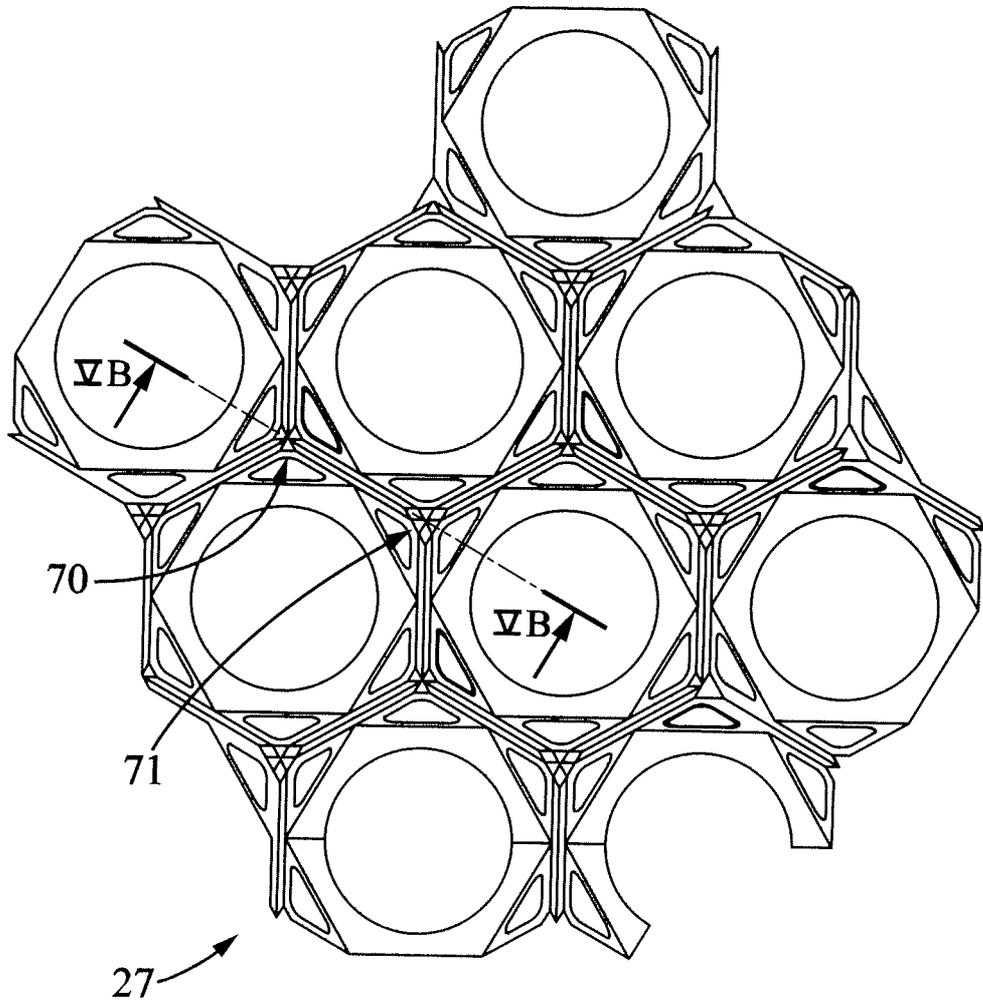


FIG. 5A

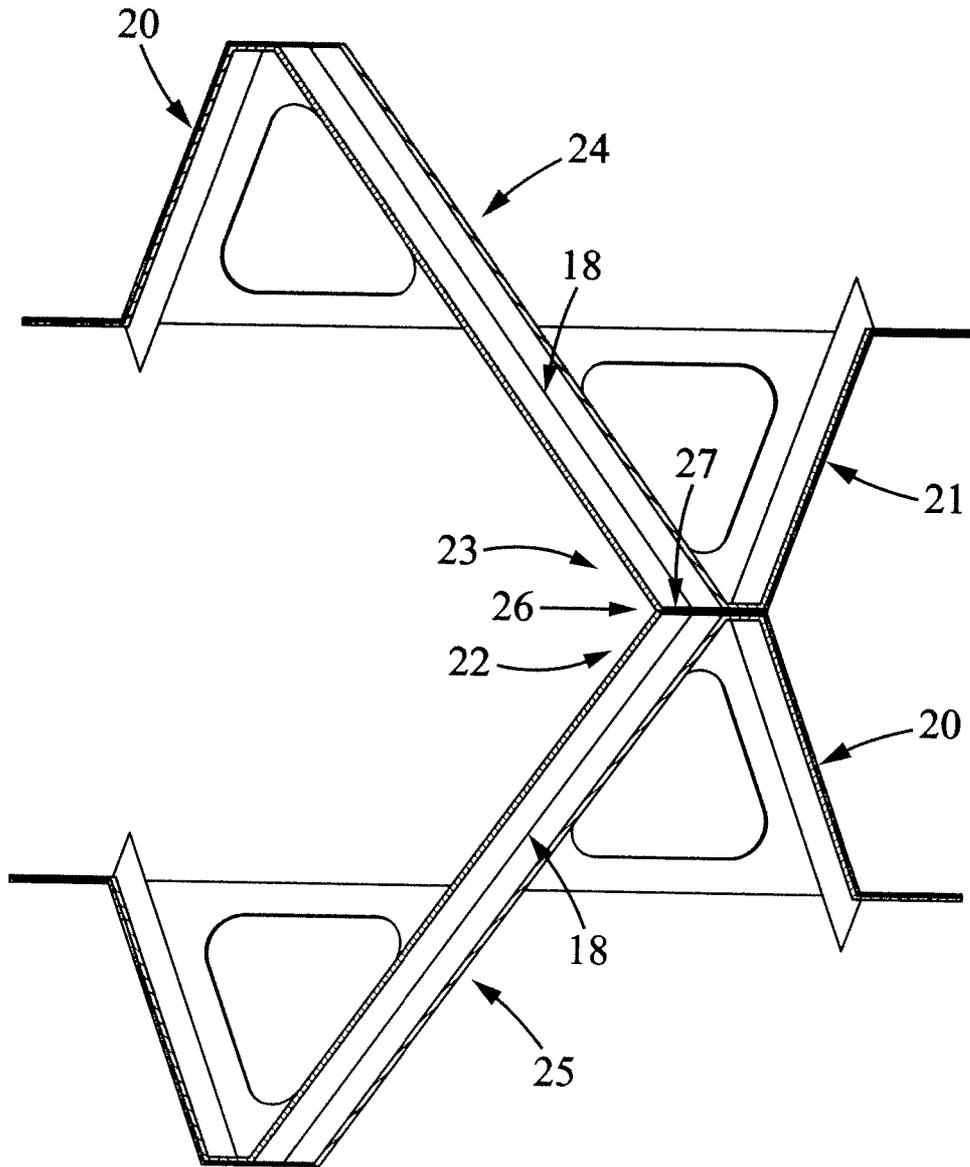


FIG. 5B

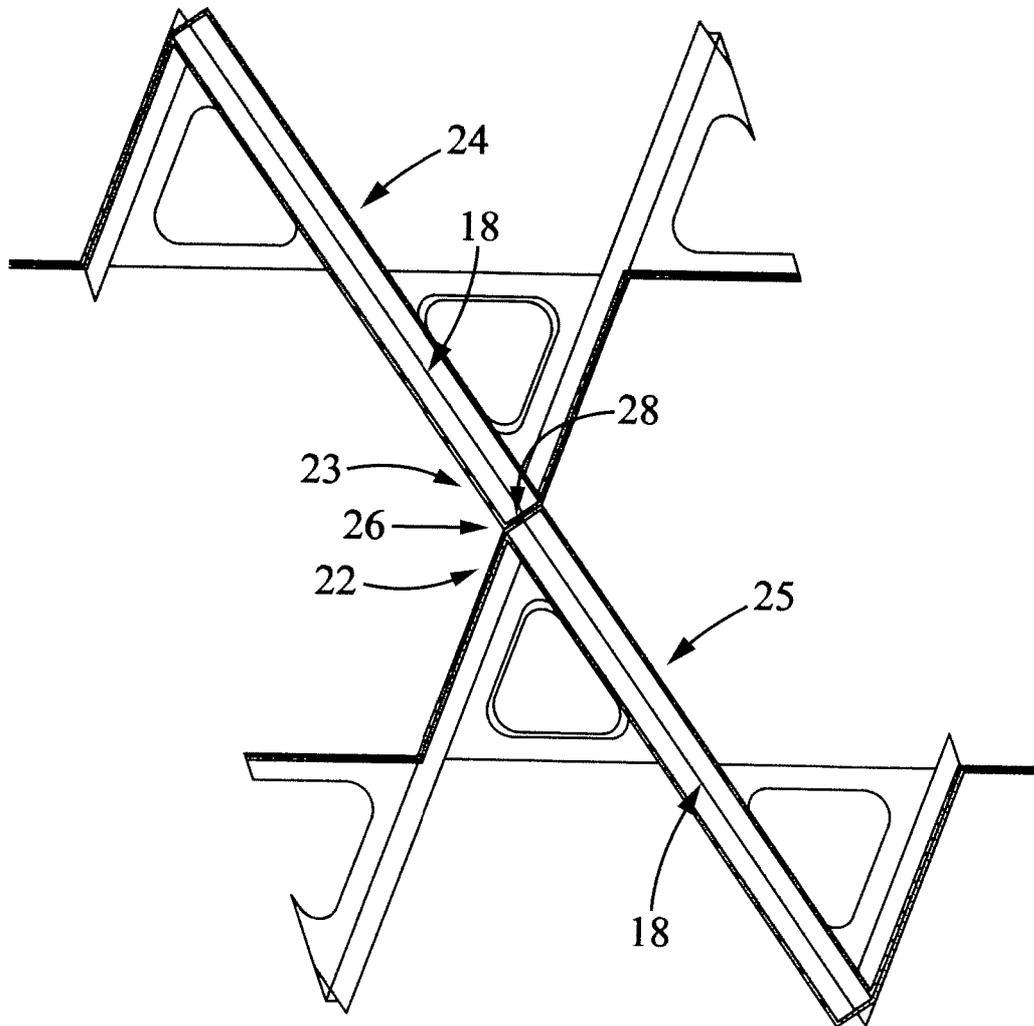


FIG. 5C

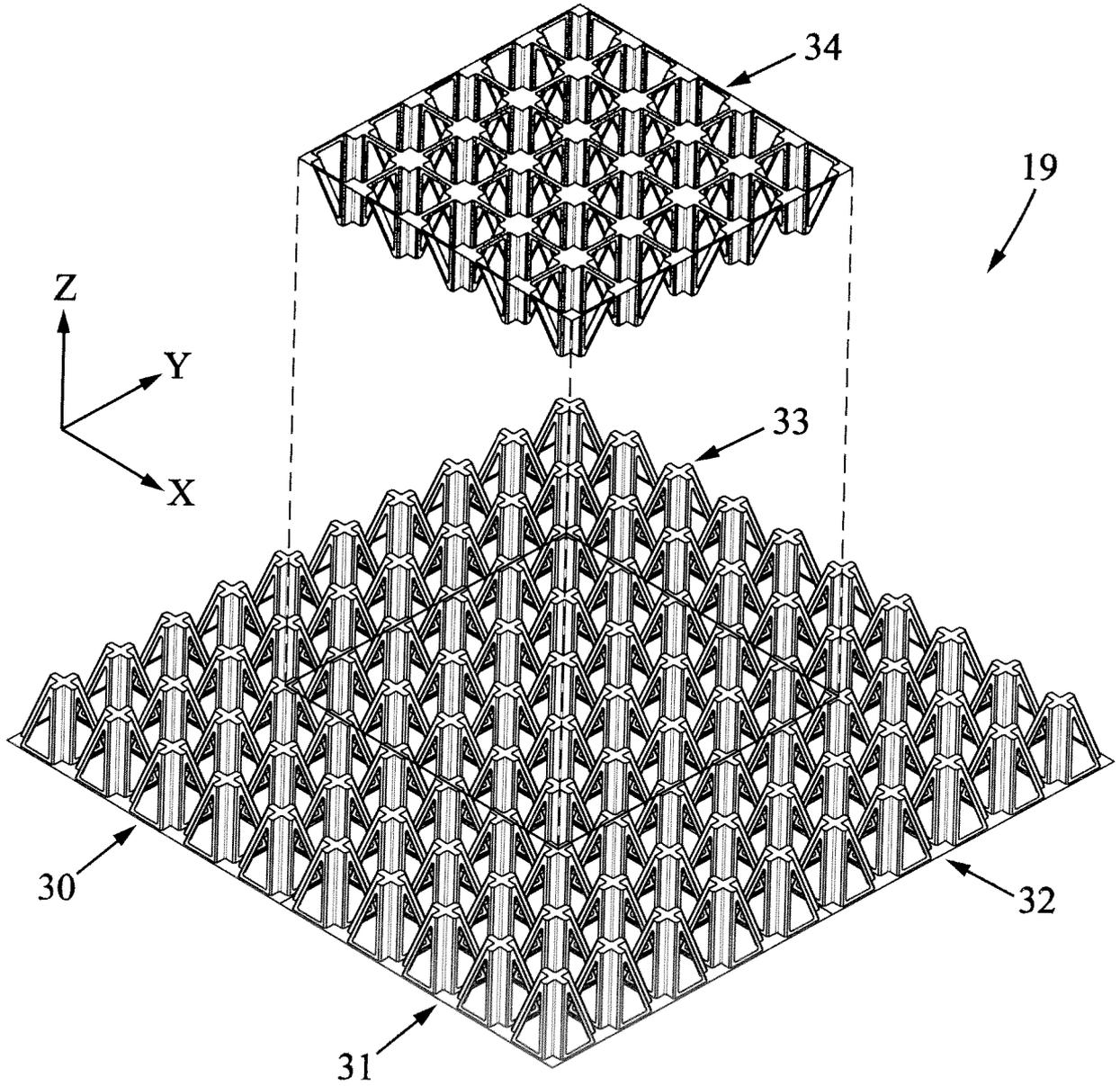


FIG. 6

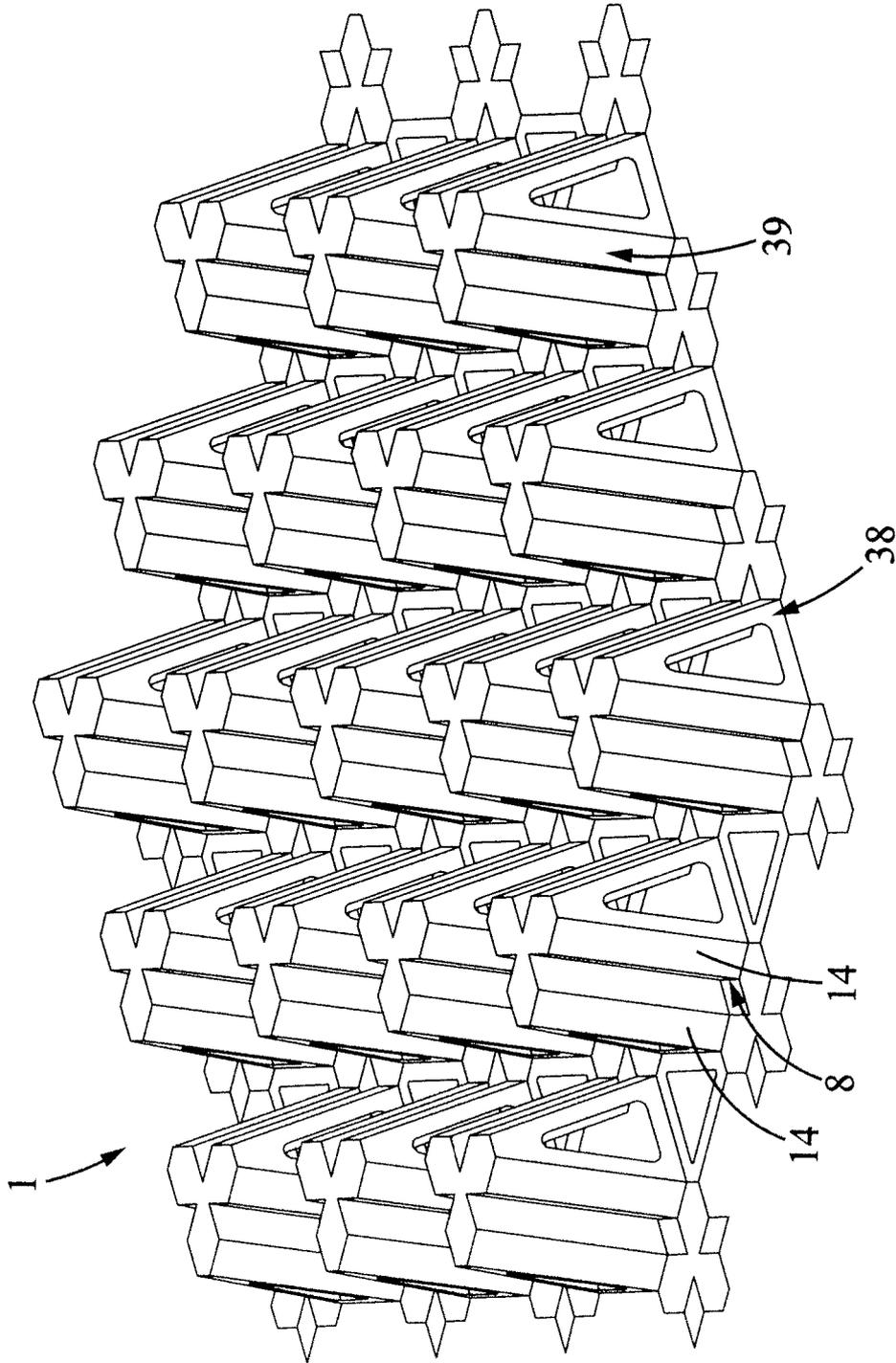


FIG. 7A

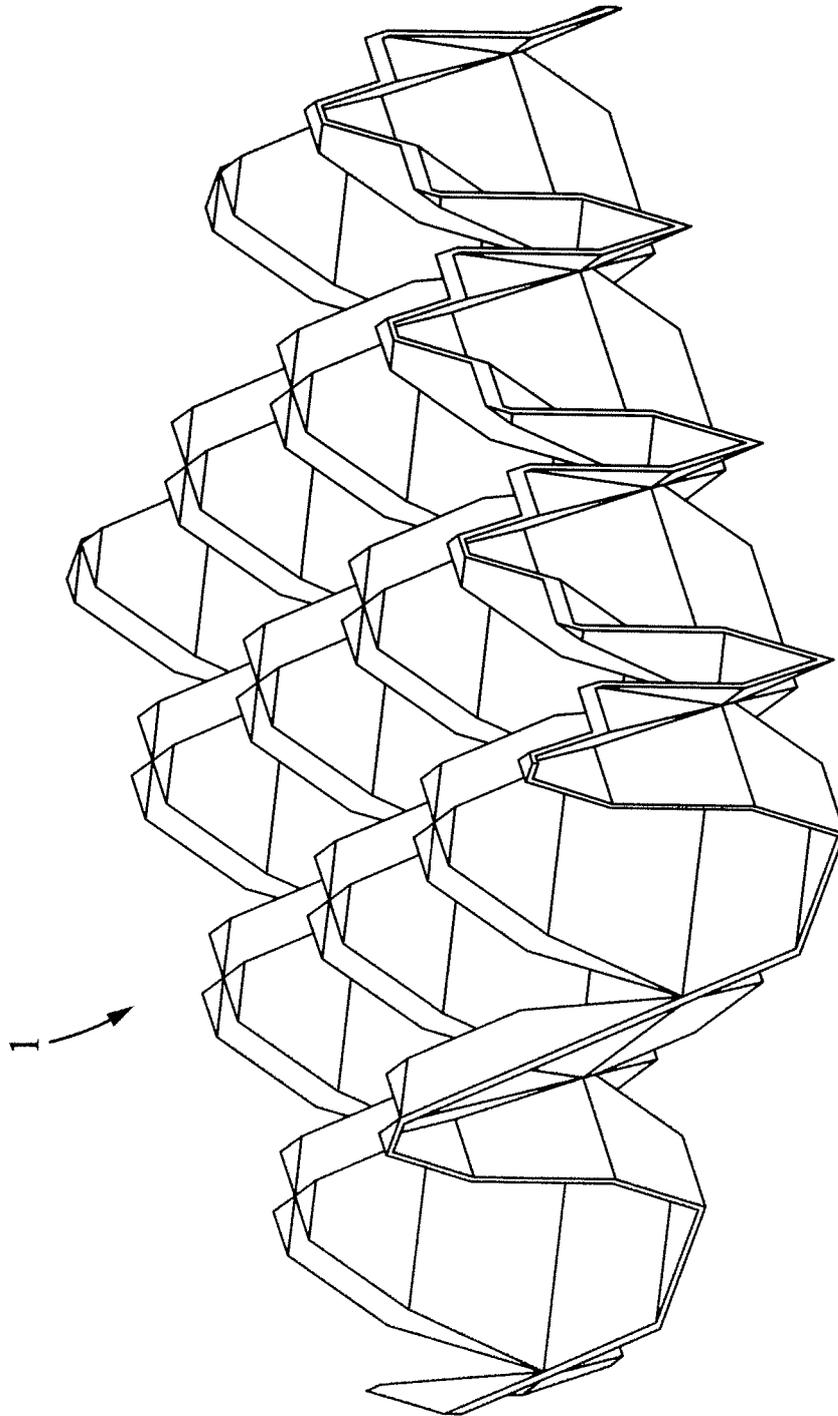


FIG. 7B

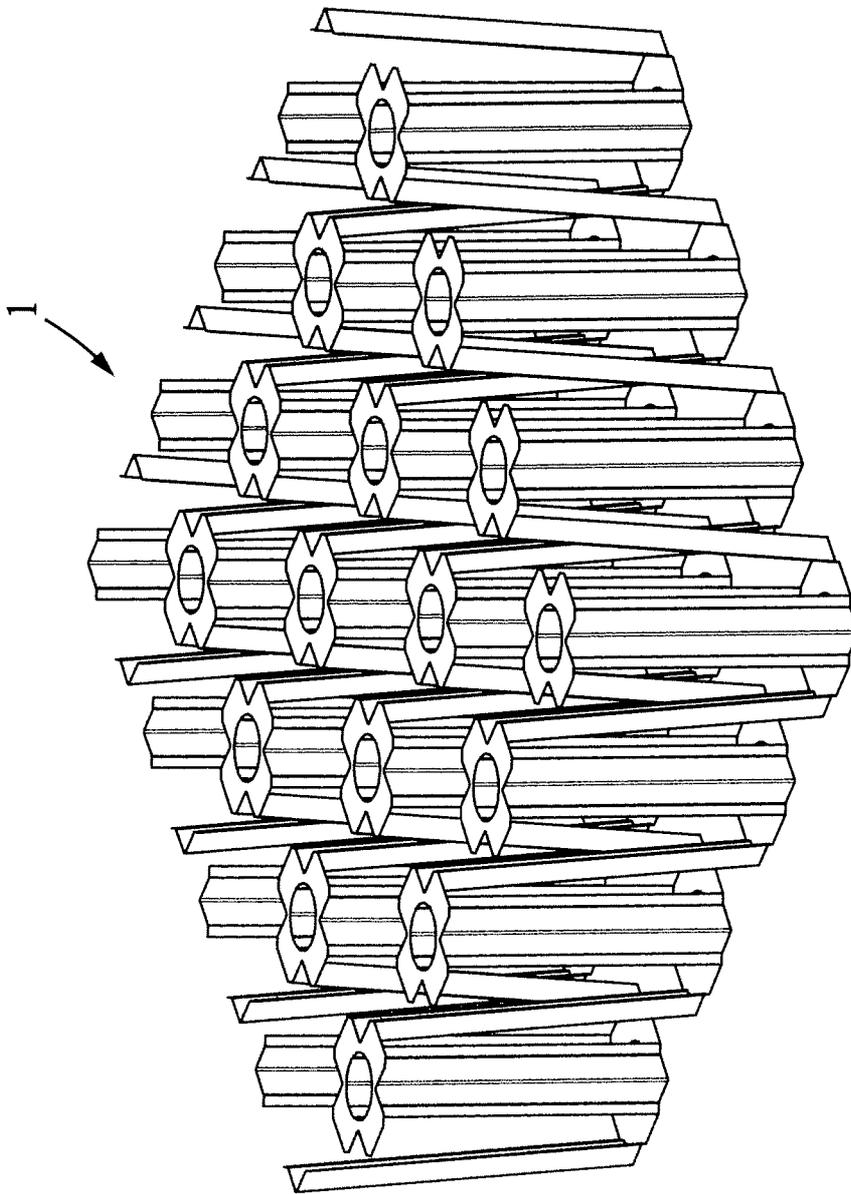
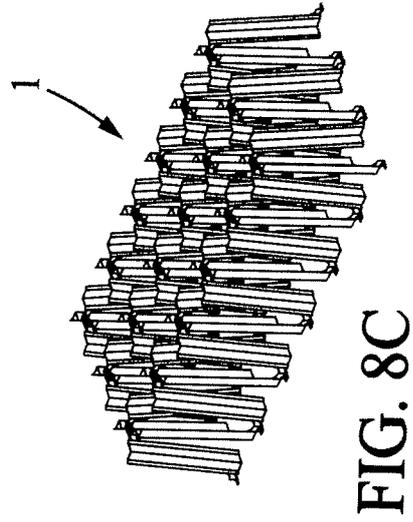
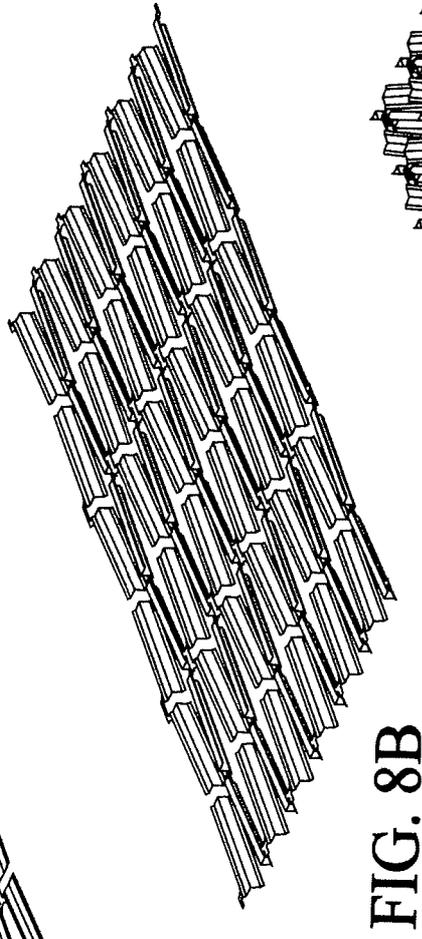
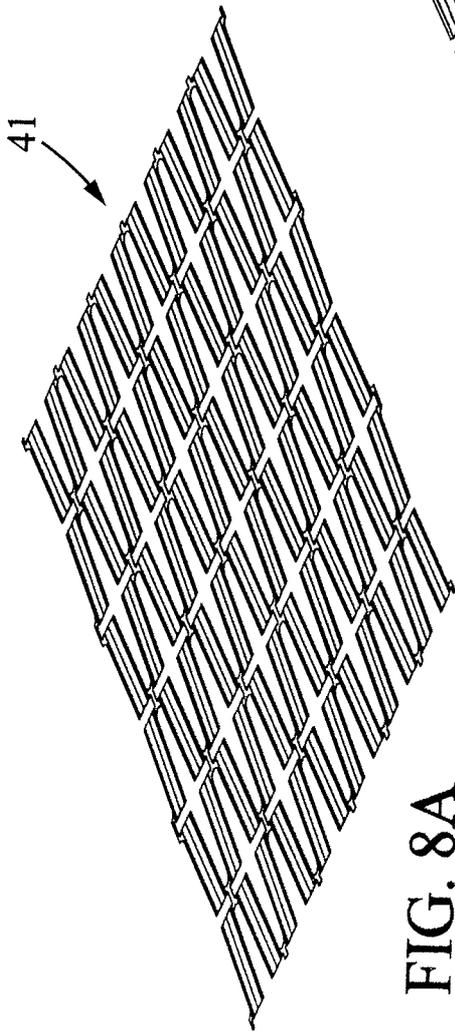


FIG. 7C



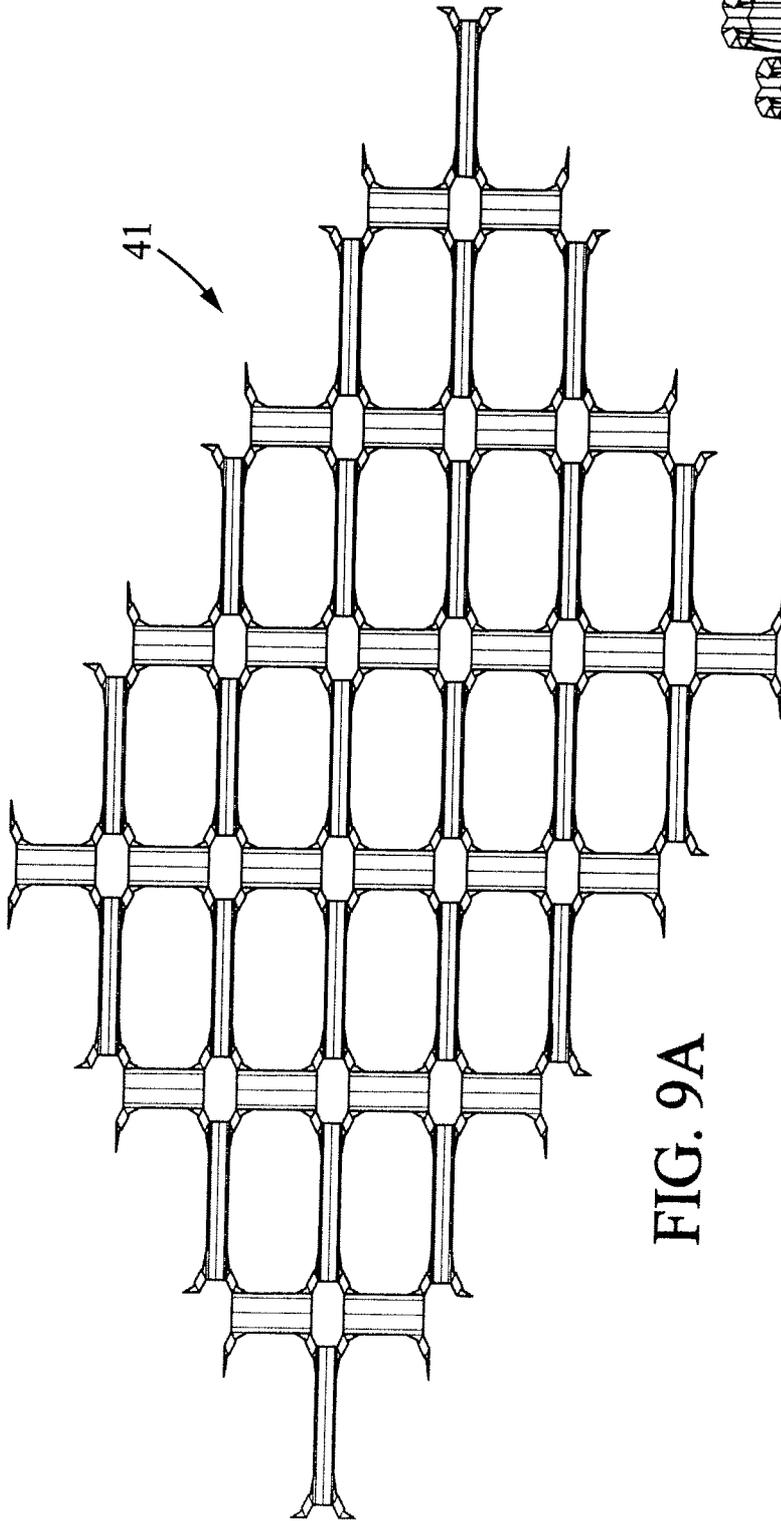


FIG. 9A

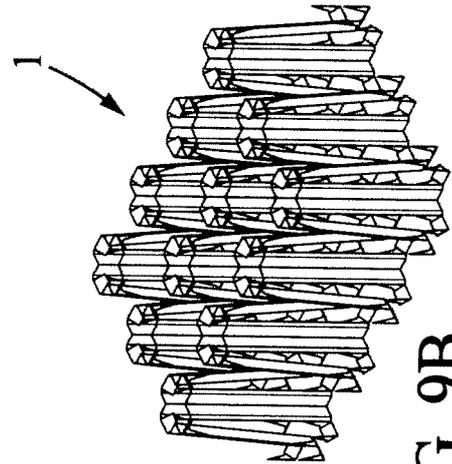


FIG. 9B

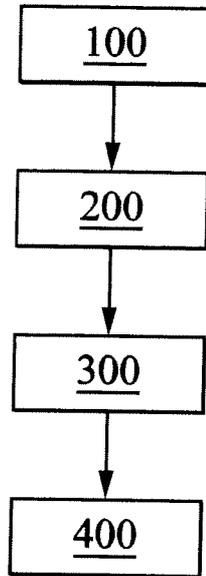


FIG. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/FR2012/051163

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. B32B3/02 B32B3/10 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B32B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 282 619 A (ROONEY CRAIG E) 11 August 1981 (1981-08-11) figures 1-3,7,11 -----	1-15
A	US 6 207 256 B1 (TASHIRO KAN [JP]) 27 March 2001 (2001-03-27) figures 1-30 -----	1-15
A	US 4 178 736 A (SALAS FRANK D [US]) 18 December 1979 (1979-12-18) figures 1-2 -----	1-15
A	FR 2 922 476 A1 (ONERA (OFF NAT AEROSPATIALE) [FR]) 24 April 2009 (2009-04-24) figures -----	1-15
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 13 August 2012		Date of mailing of the international search report 21/08/2012
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Schweissguth, Martin

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/FR2012/051163

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 4282619	A	11-08-1981	NONE
US 6207256	B1	27-03-2001	NONE
US 4178736	A	18-12-1979	NONE
FR 2922476	A1	24-04-2009	EP 2200819 A1 30-06-2010
			FR 2922476 A1 24-04-2009
			US 2010227116 A1 09-09-2010
			WO 2009087304 A1 16-07-2009

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051163

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. B32B3/02 B32B3/10 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE		
Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) B32B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications vis
A	US 4 282 619 A (ROONEY CRAIG E) 11 août 1981 (1981-08-11) figures 1-3,7,11 -----	1-15
A	US 6 207 256 B1 (TASHIRO KAN [JP]) 27 mars 2001 (2001-03-27) figures 1-30 -----	1-15
A	US 4 178 736 A (SALAS FRANK D [US]) 18 décembre 1979 (1979-12-18) figures 1-2 -----	1-15
A	FR 2 922 476 A1 (ONERA (OFF NAT AEROSPATIALE) [FR]) 24 avril 2009 (2009-04-24) figures -----	1-15
<input type="checkbox"/> Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents		
<input checked="" type="checkbox"/> Les documents de familles de brevets sont indiqués en annex		
* Catégories spéciales de documents cités:		
"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée	"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets	
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 13 août 2012		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 21/08/2012
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Schweissguth, Martin

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/FR2012/051163

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4282619	A	11-08-1981	AUCUN
US 6207256	B1	27-03-2001	AUCUN
US 4178736	A	18-12-1979	AUCUN
FR 2922476	A1	24-04-2009	EP 2200819 A1 30-06-2010 FR 2922476 A1 24-04-2009 US 2010227116 A1 09-09-2010 WO 2009087304 A1 16-07-2009