

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2013年1月31日(31.01.2013)



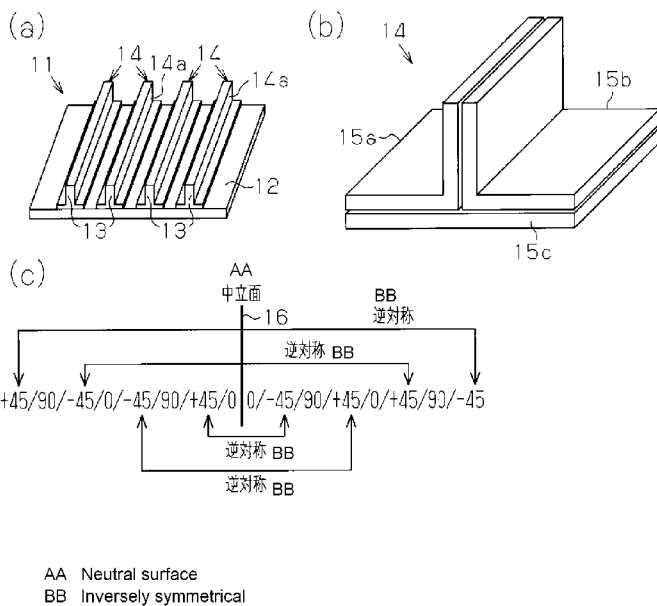
(10) 国際公開番号
WO 2013/014992 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 5/12 (2006.01) B29K 105/08 (2006.01)
B29B 15/08 (2006.01)
 - (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/061966
 - (22) 国際出願日: 2012年5月10日(10.05.2012)
 - (25) 国際出願の言語: 日本語
 - (26) 国際公開の言語: 日本語
 - (30) 優先権データ:
特願 2011-164445 2011年7月27日(27.07.2011) JP
 - (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社 豊田自動織機 (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 Aichi (JP).
 - (72) 発明者; および
 - (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 神谷 隆太 (KAMIYA, Ryuta) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機内 Aichi (JP). 辻 良平 (TSUJI, Ryohei) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機内 Aichi (JP). 久野 俊 (KUNO, Shun) [JP/JP]; 〒4488671 愛知県刈谷市豊田町2丁目1番地 株式会社 豊田自動織機内 Aichi (JP).
 - (74) 代理人: 恩田 博宣, 外(ONDA, Hironori et al.); 〒5008731 岐阜県岐阜市大宮町2丁目12番地の1 Gifu (JP).
 - (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): 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, 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) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (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).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FIBER-REINFORCED COMPOSITE MATERIAL

(54) 発明の名称: 繊維強化複合材料

[図1]



(57) Abstract: According to a fiber-reinforced composite material (11) of the present invention, a laminated fiber bundle layer is formed by laminating a plurality of fiber bundle layers formed of a reinforced fiber, and furthermore a matrix is impregnated in the laminated fiber bundle layer. At either side of a neutral surface (16), the number of $+θ$ fiber bundle layers which have a fiber orientation angle of $+θ$ is the same as the number of $-θ$ fiber bundle layers which have a fiber orientation angle of $-θ$. The order of laminating the fiber bundle layers is inversely symmetrical to a standard surface, and the number of other fiber bundle layers disposed between each of the $+θ$ and $-θ$ layers at both sides by the standard surface is the same.

(57) 要約: 繊維強化複合材料(11)は、強化繊維からなる複数の繊維束層を積層して積層繊維束層を形成し、更に積層繊維束層にマトリックスを含浸させることにより構成されている。また、中立面(16)を挟む両側のそれぞれで繊維配向角度が $+θ$ の繊維束層である $+θ$ 層の数と、繊維配向角度が $-θ$ の繊維束層である $-θ$ 層の数とが同じであり、繊維束層の積層順は基準面に対して逆対称であり、基準面を挟む両側の

それぞれにおける $+θ$ 層と $-θ$ 層との間に配置される他の繊維束層の数が同じである。

WO 2013/014992 A1

明 細 書

発明の名称： 繊維強化複合材料

技術分野

[0001] 本発明は、積層繊維束層とマトリックスとを組み合わせることで構成された繊維強化複合材料に関する。

背景技術

[0002] 軽量、高強度の材料として、繊維強化複合材料が使用されている。繊維強化複合材料は、強化繊維を樹脂や金属等のマトリックスと組み合わせることにより構成されている。このため、繊維強化複合材料の力学的特性（機械的特性）は、マトリックスのそれよりも向上する。よって、繊維強化複合材料は、航空機の機体や翼等の構造部品に適している。特に、マトリックスとして樹脂を使用すれば、繊維強化複合材料をより軽くすることができる。とりわけ、高性能が要求される用途では、一方向に配列された繊維からなる複数の繊維束層を積層した積層強化材が使用されている。この場合、複数の繊維束層は、強化繊維基材として機能すると共に、各繊維束層の配列方向を異ならせてそれぞれ積層されている。

[0003] 積層強化材を用いた繊維強化複合材料の反り（曲げ、捩れ）に対して、次のことが実施又は提案されている。

[0004] （１）発生するモーメントを打ち消すため、積層構造を対称にする。

[0005] （２）予め反り量を見込んで型を製作し、変形後の形状を要求精度に収める。

[0006] （３）成形後に再加熱して圧縮し、反りを矯正する。

[0007] （４）異なる捩れモーメントを有する繊維を用いて織物を構成し、発生するモーメントを打ち消す（例えば、特許文献１参照）。

[0008] また、反り対策とは関係なく、特許文献２に開示されるような繊維強化型積層構造体も提案されている。この文献に開示の発明によれば、繊維配向角度を 15° 、 30° 、 45° 又は 90° ずつ変えながら複数の繊維シートを

積層した場合に比べて、等方性複合材の厚みを薄くすることができる。この場合、積層された繊維シートのうち隣り合う繊維シート間の繊維配向角度 θ は、 $60^\circ < \theta < 90^\circ$ である。積層パターンの例として、次表に示すような逆対称の場合も示されている。逆対称とは、基準となる面を挟んで積層パターンの正負が逆になる場合を意味する。表1中、基準となる面は、積層パターン 0° の繊維シートを配置した面である。

[0009] [表1]

積層枚数	繊維配向角度	積層パターン
5	72°	$-36/72/0/-72/36$
7	26°	$-77/-51/-26/0/26/51/77$
7	51°	$26/77/-51/0/51/-77/-26$
7	77°	$-51/26/-77/0/77/-26/51$
9	80°	$-20/60/-40/80/0/-80/40/-60/20$

上記の従来技術では、以下のような課題がある。

[0010] (1)の場合、繊維強化複合材料が平板状又は平板を単に屈曲させただけの形状ではなく複雑な形状である場合、対称積層を構成できない部位が存在する。図8(a)は、3組の対称積層シート52により構成されたスキナーウェブ構造の繊維強化複合材料51を示す。この構成によれば、2つの対称積層シート52がそれぞれ折り曲げられて、スキン部53とウェブ部54とが構成されている。図8(b)に示すように、各対称積層シート52を構成する繊維束層の繊維配向角度を 0° 、 90° 、 $\pm 45^\circ$ とした場合、ウェブ部54付近の中立面を挟む左側と右側とで対称にならない。図8(c)は、左側及び右側にそれぞれ配置される対称積層シート52のスキン部53において最上層の繊維配向角度 45° 層の符号を同じにした場合を示す。図8(c)に示すように、左側の対称積層シート52と右側の対称積層シート52との対向面を境に、各対称積層シート52の繊維配向角度 45° 層の符号が逆になる。その結果、繊維強化複合材料51に捩れが発生する。

- [0011] (2) の場合、反り量のデータを取得するための試作が必要となり、製造コスト及び工数が増える。
- [0012] (3) の場合、成形後に矯正工程が増え、製造コストが高くなる。
- [0013] (4) の場合、市販の一方向材または織物では対応できないため、材料コストが高くなる。
- [0014] また、特許文献2のように繊維配向角度を単に逆対称にして繊維シートを積層した構成では、捩れを低減することはできない。

先行技術文献

特許文献

- [0015] 特許文献1：実公昭63-36060号公報
特許文献2：特開平9-1713号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0016] 本発明の目的は、スキナーウェブ構造のような複雑な形状であっても、特殊な製造方法を行うことなく反りを低減することのできる繊維強化複合材料を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0017] 上記課題を解決するため、本発明の第一の態様によれば、強化繊維からなる複数の繊維束層を積層した積層繊維束層にマトリックスが含浸されて構成された繊維強化複合材料が提供される。この繊維強化複合材料では、基準面を挟む両側のそれぞれにおいて、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層である $+\theta$ 層の数と、繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層である $-\theta$ 層の数とが同じであり、繊維束層の積層順は、基準面に対して逆対称であり、基準面を挟む両側のそれぞれにおける $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束層の数は同じである。
- [0018] この構成によれば、繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層と繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層とが基準面を境に逆対称であり、かつ上記の条件を満たすように

配置されている。これにより、繊維強化複合材料の状態で、 $-\theta$ 層及び $+\theta$ 層に起因する捩りモーメントが打ち消されるため、全体の合成モーメントが低減される。よって、スキンウェブ構造等の複雑な形状を有する繊維強化複合材料であっても、特殊な製造方法を行わずに、繊維強化複合材料の反りを低減することができる。即ち、予め反り変形を見込んで型を製作したり、成形後に再加熱し圧縮することで反りを矯正したり、異なる捩れモーメントを有する繊維で織物を構成したりする必要がない。ここで、基準面は、積層繊維束層の任意の繊維束層間に仮想的に存在する面である。また、積層繊維束層が長方形の場合、繊維配向角度は、積層繊維束層の長手方向に対する角度を指す。

[0019] 上記の繊維強化複合材料において、 $+\theta$ 層及び $-\theta$ 層は、基準面を挟む両側にそれぞれ2層ずつ存在し、繊維束層の積層順として、基準面を挟む両側のうち的一方では二つの $+\theta$ 層の間に二つの $-\theta$ 層が配置され、他方では二つの $-\theta$ 層の間に二つの $+\theta$ 層が配置されていることが好ましい。

[0020] この構成によれば、繊維束層を積層する際、 θ 層及び $-\theta$ 層の積層順を間違え難い。

[0021] 上記の繊維強化複合材料において、 θ は 45° であることが好ましい。

[0022] この構成によれば、繊維配向角度が $+45^\circ$ 又は -45° の繊維束層の他に繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を使用することにより、擬似等方性の繊維強化複合材料を容易に得ることができる。

[0023] 上記の繊維強化複合材料において、 $+\theta$ 層は、繊維配向角度が $+36^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が $+72^\circ$ の繊維束層とからなる2層1組を構成し、 $-\theta$ 層は、繊維配向角度が -36° の繊維束層と繊維配向角度が -72° の繊維束層とからなる2層1組を構成することが好ましい。

[0024] この構成によれば、繊維配向角度が 0° の繊維束層を加えた5層の繊維束層を 36° 刻みで積層したものを1単位として、擬似等方性の積層繊維束層が構成されている。この場合、基準面を挟む両側にそれぞれ2単位ずつ配置されることで、逆対称構造を備えた擬似等方性の積層繊維束層を構成するこ

とができる。また、この場合、繊維配向角度が $+36^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が $+72^\circ$ の繊維束層とを纏めて $+\theta$ の繊維束層とし、繊維配向角度が -36° の繊維束層と繊維配向角度が -72° の繊維束層とを纏めて $-\theta$ の繊維束層とすることにより、上記構成と同様な効果を奏する。

[0025] 上記の繊維強化複合材料において、繊維強化複合材料は、平板状のスキンとスキンに対して垂直に延びる1以上のウェブとを有する構造体を構成することが好ましい。

[0026] 一般に、二つの平面を有する平板の一方の平面が他方の平面に対し垂直に延びるT字状構造は、「スキン-ウェブ構造」と呼ばれている。スキンに対してウェブは、一つとは限らず複数存在してもよい。この構成によれば、航空機の機体や翼等に使用されるスキン-ウェブ構造等、複雑な形状を有する繊維強化複合材料であっても、スキン部及びウェブ部の反りを低減することができる。

[0027] 上記の繊維強化複合材料において、繊維束層は、一方向性の織物により構成されていることが好ましい。

[0028] 逆対称構造でかつ擬似等方性の積層繊維束層を構成する場合、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層及び繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層を、一般の平織物の経糸群及び緯糸群で代用することはできない。一方、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を、一般の平織物の経糸群及び緯糸群で代用することはできる。しかしながら、繊維束層を平織物の経糸群及び緯糸群で代用すると、強化繊維同士が交差部で屈曲する。この点、本発明によれば、全ての繊維束層が一方向性の織物で構成されている。このため、強化繊維同士が交差部で屈曲する割合が少なくなり、最終的に得られる繊維強化複合材料の物性が向上する。ここで、「一方向性の織物」とは、経糸が強化繊維として機能し、緯糸は経糸の配列を保つ機能を果たすが強化繊維として機能しない織物を意味する。

[0029] 上記の繊維強化複合材料において、他の繊維束層は、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層であり、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層は

、平織物又は綾織物により構成されていることが好ましい。

[0030] 上記課題を解決するため、本発明の第二の態様によれば、上記の繊維強化複合材料の製造方法が提供される。この製造方法は、一方向に配列された繊維束に熱硬化性樹脂を含浸させて半硬化状態の複数のプリプレグを形成する工程と、複数のプリプレグを積層して積層繊維束層を形成する工程と、積層繊維束層を所定の形状に賦形する工程と、賦形された積層繊維束層を成形型内に配置する工程と、成形型内の積層繊維束層を加熱及び加圧して硬化させる工程とを備える。

図面の簡単な説明

[0031] [図1] (a) は本発明の第1実施形態に係る繊維強化複合材料の斜視図、(b) は強化部の斜視図、(c) はウェブ部の積層繊維束層の積層構成を示す模式図。

[図2] (a) はウェブ部の積層繊維束層の斜視図、(b) は全ての繊維束層が積層された状態のウェブ部の斜視図。

[図3] (a) は反りのない繊維強化複合材料の締結状態を示す模式図、(b) は反りの有る繊維強化複合材料の締結状態を示す模式図。

[図4] (a) は本発明の第2実施形態に係る繊維強化複合材料の斜視図、(b) はスキン部の変形を示す模式図、(c) は比較例のスキン部の変形を示す模式図、(d) はRで示すウェブ部及びLで示すウェブ部の積層繊維束層の積層構成を示す模式図。

[図5] 別の実施形態に係る繊維強化複合材料の斜視図。

[図6] 別の実施形態に係る繊維強化複合材料の斜視図。

[図7] (a), (b) は別の実施形態に係る積層繊維束層の積層構成を示す模式図。

[図8] (a) は従来 of スキン-ウェブ構造の繊維強化複合材料の斜視図、(b) は対称積層シートの積層構成を示す模式図、(c) は左右に配置される対称積層シートのウェブ部における繊維配向角度 45° 層の符号の違いを示す模式図。

発明を実施するための形態

[0032] (第1実施形態)

以下、本発明をスキンウェブ構造の繊維強化複合材料に具体化した第1実施形態を図1(a)～図3(b)にしたがって説明する。

[0033] 図1(a)に示すように、繊維強化複合材料11は、スキン部12及びウェブ部13を有している。スキン部12は、平板状に形成されている。スキン部12には、逆T字状の断面を有する強化部14が一体化されている。強化部14は、ウェブ部13を構成するウェブ部14aを有している。即ち、繊維強化複合材料11は、平板状のスキンと、スキンに対して垂直に延びる1以上のウェブとを有している。

[0034] 繊維強化複合材料11は、強化繊維からなる複数の繊維束層を積層して積層繊維束層を形成し、更に積層繊維束層にマトリックスを含浸させることにより構成されている。ここでは、繊維配向角度が 0° 、 90° 及び $\pm 45^\circ$ である4種類の繊維束層を積層することにより、擬似等方性を有する4軸配向の積層繊維束層が構成されている。

[0035] 一般に、積層繊維束層が擬似等方性を有するとは、全層数が3層以上であり、 n 層中の第 k 層の配向角 Q_k が $Q_k = \pi(k-1)/n$ (k : k 番目の層、 n : 全層数)であり、全ての層に同じ繊維を使用した場合を意味する。 n が4の場合、1番目の層の配向角は $\pi(1-1)/4 = 0^\circ$ 、2番目の層の配向角は $\pi(2-1)/4 = \pi/4 = 45^\circ$ 、3番目の層の配向角は $\pi(3-1)/4 = \pi/2 = 90^\circ$ 、4番目の層の配向角は $\pi(4-1)/4 = 3\pi/4 = 135^\circ = -45^\circ$ となる。

[0036] 繊維束として、炭素繊維束が使用される。1本の繊維束は、細い繊維を数百～数万本束ねて構成されている。繊維束には、要求性能に適した本数の繊維が使用される。

[0037] 図1(b)に示すように、強化部14を構成する強化繊維は、L字状に折り曲げられた積層繊維束層15a、15bと、平板状の1組の積層繊維束層15cとから構成されている。各積層繊維束層15a、15b、15cは、

複数の繊維束層を積層して擬似等方性を有するように構成されている。図1(c)は、ウェブ部14a、即ち、積層繊維束層15aの起立部と積層繊維束層15bの起立部とからなる部分の積層構成を示す。図1(c)に示すように、基準面である中立面16を挟む両側のうちの一方(図1(c)の左側)に配置される繊維束層では、中立面16から順に、繊維配向角度が 0° 、 45° 、 90° 、 -45° 、 0° 、 -45° 、 90° 、 45° にそれぞれ設定されている。また、中立面16を挟む両側のうちの他方(図1(c)の右側)に配置される繊維束層では、中立面16から順に、繊維配向角度が 0° 、 -45° 、 90° 、 45° 、 0° 、 45° 、 90° 、 -45° にそれぞれ設定されている。

[0038] 繊維束層の積層構成は、繊維配向角度に関して逆対称構造を有している。即ち、中立面16を挟む両側のそれぞれにおいて、繊維配向角度が $+\theta$ (45°)の繊維束層の数と、繊維配向角度が $-\theta$ (-45°)の繊維束層の数とが同じである。また、中立面16を挟む両側の一方と他方とで逆対称となる層は、繊維配向角度が $+\theta$ である4つの繊維束層と、繊維配向角度が $-\theta$ である4つの繊維束層とであり、合わせて8層である。また、各繊維束層は、中立面16を挟む両側の一方(図1(c)の左側)で中立面16から離間する方向に $+\theta$ から $-\theta$ の順に積層されている。一方、各繊維束層は、中立面16を挟む両側の他方で中立面16から離間する方向に $-\theta$ から $+\theta$ の順に積層されている。また、中立面16を挟む両側のそれぞれにおける $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束の数は同じである。

[0039] 各繊維束層の積層構造には、積層中立面を境にして対称構造、逆対称構造、及び非対称構造がある。対称構造では、繊維強化複合材料に生じる曲げや捩りが繊維強化複合材料の物性に支障をきたすほど大きくはならない。非対称構造では、繊維強化複合材料に生じる曲げや捩りが大きくなり、繊維強化複合材料の物性に支障をきたすことがある。また、逆対称構造では、曲げは大きくなり、捩りが大きくなり、繊維強化複合材料の物性に支障をきたすことがある。しかしながら、逆対称構造でも、上記の条件を満たすこ

とにより、曲げ及び捩りの両方が繊維強化複合材料の物性に支障をきたすほど大きくはならない。

[0040] その理由は、次のように考えられる。逆対称積層による捩りモーメントを考えた場合、捩りモーメントは、 $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間の距離に比例する。つまり、捩りモーメントは、 $+\theta$ 層と $-\theta$ 層間に存在する繊維束層の層数に比例する。そして、 $+\theta$ 層と $-\theta$ 層とを一組にしたものの捩りモーメントを比で示すと、中立面16に近い側から -1 、 $+3$ 、 $+5$ 、 -7 になり、合計の捩りモーメントは0になる。

[0041] 図2(a)に示すように、ウェブ部13は、繊維配向角度が -45° の繊維束層17aと繊維配向角度が $+45^\circ$ の繊維束層17bとの間に繊維配向角度が 90° の繊維束層18を挟んだ4組の積層繊維束層からなる。4組の積層繊維束層のうち2組は、繊維配向角度が -45° の繊維束層17aを中立面16に向けて配置され、残りの2組の積層繊維束層は、繊維配向角度が $+45^\circ$ の繊維束層17bを中立面16に向けて配置される。この状態で、繊維配向角度が 0° の繊維束層19を両積層繊維束層間に配置して積層することにより、図2(b)に示すような擬似等方性の積層繊維束層が得られる。この場合、中立面16と対面する位置には、繊維配向角度が 0° である2層の繊維束層19が配置される。

[0042] 積層繊維束層15a、15bの上面に配置された繊維束層の繊維配向角度を同じにすれば、ウェブ部14aを構成する積層繊維束層15a、15bの各対向面に配置される繊維束層の繊維配向角度は逆になる。しかしながら、積層繊維束層15a、15bの対向面に配置される繊維束層の繊維配向角度が逆であっても同じであっても、繊維強化複合材料の場合、対向面を挟む両側に配置される積層繊維束層15a、15bの各繊維束層に基づく捩りモーメントの合計は0となる。その結果、繊維強化複合材料における捩れが低減される。

[0043] 繊維束層は、いずれも一方向性の織物により構成されている。一方向性の織物では、経糸が強化繊維として機能し、緯糸が経糸の配列を保つものの強

化繊維として機能しない。一方向性の織物として、例えば、すだれ織物のように経系の配列ピッチに比べて緯系の配列ピッチが極端に大きな織物が挙げられる。また、経系に比べて遙かに細く、かつ経系に比べて引っ張り強度が遙かに小さい緯系を有する織物も挙げられる。具体的には、経系に炭素繊維束が使用され、緯系に有機繊維が使用される。

[0044] 上記の積層繊維束層に樹脂を含浸し硬化することで、繊維強化複合材料が製造される。樹脂の含浸及び硬化には、例えば、レジントランスファーモールドディング (RTM) 法が用いられる。RTM法では、まず、樹脂含浸用型内に積層繊維束層を配置する。続いて、型内に液状の熱硬化性樹脂を注入する。そして、型内の熱硬化性樹脂を加熱し硬化して、繊維強化複合材料を得る。熱硬化性樹脂として、エポキシ樹脂が使用される。

[0045] 第1実施形態によれば、以下に示す効果を得ることができる。

[0046] (1) 繊維強化複合材料11は、強化繊維からなる複数の繊維束層を積層して積層繊維束層を形成し、更に積層繊維束層にマトリックスを含浸させることにより構成されている。また、基準面(中立面16)を挟む両側のそれぞれにおいて、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層($+\theta$ 層)の数と、繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層($-\theta$ 層)の数とが同じである。また、繊維束層の積層順は基準面に対して逆対称であり、かつ基準面を挟む両側のそれぞれにおける $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束層の数も同じである。この構成によれば、スキナーウェブ構造等の複雑な形状を有する繊維強化複合材料11であっても、特殊な製造方法を行わずに、繊維強化複合材料11の反りを低減することができる。即ち、予め反り変形を見込んで型を製作したり、成形後に再加熱し圧縮することで反りを矯正したり、異なる捩れモーメントを有する繊維で織物を構成したりする必要がない。

[0047] (2) θ 層及び $-\theta$ 層は、基準面(中立面16)を挟む両側にそれぞれ2層ずつ存在している。即ち、基準面を挟む両側のうちの一方では、二つの θ 層の間に二つの $-\theta$ 層が配置され、他方では、二つの $-\theta$ 層の間に二つの θ 層が配置されている。この構成によれば、繊維束層を積層する際、 θ 層及び

− θ 層の積層順を間違え難い。

[0048] (3) 積層繊維束層は、繊維強化複合材料 11 の強化繊維を構成する。また、積層繊維束層は、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層、及び繊維配向角度が $-\theta$ を備えている。この場合、 θ は 45° である。この構成によれば、繊維配向角度が $+45^\circ$ 又は -45° の繊維束層の他に、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層が使用される。これにより、擬似等方性の繊維強化複合材料を容易に形成することができる。

[0049] (4) 擬似等方性の積層繊維束層を構成する繊維束層は、いずれも一方向性の織物により構成されている。ここでは、繊維配向角度が $+45^\circ$ 又は -45° の繊維束層の他に、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を使用して、擬似等方性の繊維強化複合材料 11 が製造される。この場合、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を、一般の平織物の経糸群と緯糸群で代用することはできる。しかしながら、繊維束層を平織物の経糸群と緯糸群で代用すると、強化繊維同士が交差部で屈曲する割合が多くなる。しかしながら、全ての繊維束層を一方向性の織物で構成することにより、強化繊維同士が交差部で屈曲する割合は少なくなる。よって、最終的に得られる繊維強化複合材料 11 の物性が向上する。

[0050] (5) 繊維強化複合材料製の部品の使用時に、図 3 (a) , (b) に示すように、ボルト 21 及びナット 22 を用いて、繊維強化複合材料製の部品 20a と他の構造部材 20b とを締結する場合がある。その際、反りが存在する部品 20a をそのまま締結すると、残留応力が生じて部品 20a の強度が低下する。この残留応力は、締結前と締結後の部品 20a の変位の大きさに依存している。そのため、繊維強化複合材料製の部品 20a の残留応力を緩和することを目的として、図 3 (b) に示すシム 23 を用いることがある。即ち、シム 23 を用いて、部品 20a 及び構造部材 20b の接合部における高さを調節することがある。しかしながら、第 1 実施形態によれば、繊維強化複合材料 11 に反りが存在しないか、反り量が僅かである。よって、図 3 (a) に示すように、シム 23 による調整工程が不要になる。

[0051] (6) 擬似等方性の積層繊維束層として、逆対称積層が許容される。このため、繊維強化複合材料製品を積層する際、設計の自由度が向上する。

[0052] (第2実施形態)

次に、本発明を具体化した第2実施形態を図4(a)～図4(d)にしたがって説明する。第2実施形態は、複数の強化部14の構成が全て同じではなく交互に異なる点で、第1実施形態と異なる。よって、第1実施形態と同一部分については同一符号を付し、詳しい説明を省略する。

[0053] 繊維強化複合材料の重量及び板厚が制約されることがある。このため、ウェブ部13の積層構造として、第1実施形態の逆対称積層構造を採用できない場合がある。この場合、全てのウェブ部13を構成する強化部14が同じ構成の場合、図4(c)に示すように、各ウェブ部13(ウェブ部14a)で発生する同位相の振りモーメントが加算されて、スキン部12全体として変位が大きくなる。しかしながら、第2実施形態では、隣り合うウェブ部13で発生する振りモーメントが逆位相になるように、複数の強化部14が形成されている。

[0054] 具体的には、図4(a)に示すように、強化部14は、Rで示すウェブ部13に右振りのモーメントを発生させ、Lで示すウェブ部13に左振りのモーメントを発生させるように形成されている。例えば、図4(d)に示すように、Rで示すウェブ部13の場合、中立面を挟む両側のうちの一方(図4(d)に示す左側)に配置される繊維束層では、中立面から順に、繊維配向角度が 0° 、 -45° 、 90° 、 $+45^\circ$ にそれぞれ設定されている。また、中立面を挟む両側のうちの他方(図4(d)に示す右側)に配置される繊維束層では、中立面から順に、繊維配向角度が 0° 、 $+45^\circ$ 、 90° 、 -45° にそれぞれ設定されている。また、Lで示すウェブ部13の場合、図4(d)の左側に配置される繊維束層では、中立面から順に、繊維配向角度が 0° 、 $+45^\circ$ 、 90° 、 -45° にそれぞれ設定されている。また、図4(d)の右側に配置される繊維束層では、中立面から順に、繊維配向角度が 0° 、 -45° 、 90° 、 $+45^\circ$ にそれぞれ設定されている。この構成

によれば、隣り合うウェブ部13で発生する振りモーメントを逆位相にすることができる。この場合、各ウェブ部13で発生する振りモーメントによる変形が加算されない。このため、スキン部12は、図4(b)に示すように小さな波状に変形する。なお、図4(b)、(c)は、スキン部12の変形を誇張して示している。

[0055] 第2実施形態によれば、以下の効果を得ることができる。

[0056] (7) 繊維強化複合材料に要求される重量及び板厚の制約などにより、第1実施形態の逆対称積層構造を採用できない場合がある。しかしながら、第2実施形態では、隣り合うウェブ部13で発生する振りモーメントが逆位相になるように、複数の強化部14が形成されている。この構成によれば、各ウェブ部13に振りモーメントが発生しても、全てのウェブ部13で発生する同位相の振りモーメントが加算されることはない。よって、同位相の振りモーメントが加算される場合に比べて、スキン部12全体としての変形を小さくすることができる。また、繊維強化複合材料11を他の構造部材と締結する場合、シムによる調整無しで、残留応力による強度低下を抑制することができる。

[0057] 第1及び第2実施形態は、例えば、次のように変更してもよい。

[0058] ・図5に示すように、繊維強化複合材料11は、一つのウェブ部13の両側にスキン部(フランジ部)12を有するI字状であってもよい。また、図6に示すように、繊維強化複合材料11は、平行に配置された二つのスキン部12と、両スキン部12の端部間にI字状の連結部24とを備える形状であってもよい。この場合、両スキン部12には、複数の強化部14が対向するようにそれぞれ配置されている。また、この場合、強化部14は、スキン部12に一体化するのではなく、単独で使用される繊維強化複合材料をT字状に形成してもよい。

[0059] ・繊維強化複合材料は、平板状や、平板を屈曲させたL字状や、チャンネル状(U字状)に形成してもよい。

[0060] ・繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層と繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層との組

み合わせについて、 θ は 60° であってもよい。この場合、繊維配向角度が $+60^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が -60° の繊維束層の間に繊維配向角度が 0° の繊維束層を挟んだ積層繊維束層、即ち、3層の繊維束層を 60° 刻みで積層した積層繊維束層が4組用いられる。尚、図7(a)には、上述した3つの繊維束層に加え繊維配向角度が 0° の繊維束層を含む積層繊維束層、即ち、4層の繊維束層を 60° 刻みで積層した積層繊維束層が4組示されている。

[0061] ・繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層を、繊維配向角度が $+36^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が $+72^\circ$ の繊維束層との2層1組で構成し、繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層を、繊維配向角度が -36° の繊維束層と繊維配向角度が -72° の繊維束層との2層1組で構成してもよい。例えば、図7(b)に示すように、繊維配向角度が 0° の繊維束層を加えた5層の繊維束層を 36° 刻みで積層したものを1単位として、擬似等方性の積層繊維束層が構成されている。この構成によれば、中立面を挟む両側にそれぞれ2単位ずつ配置されることで、逆対称構造を備えた擬似等方性の積層繊維束層を構成することができる。また、この場合、図7(b)の楕円で示すように、繊維配向角度が $+36^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が $+72^\circ$ の繊維束層とを纏めて $+\theta$ の繊維束層とし、繊維配向角度が -36° の繊維束層と繊維配向角度が -72° の繊維束層とを纏めて $-\theta$ の繊維束層として考えると、請求項1の発明と同様な構成となる。従って、スキナーウェブ構造等の複雑な形状を有する繊維強化複合材料11であっても、特殊な製造方法を行わずに、繊維強化複合材料11の反りを低減することができる。即ち、予め反り変形を見込んで型を製作したり、成形後に再加熱し圧縮することで反りを矯正したり、異なる捩れモーメントを有する繊維で織物を構成したりする必要がない。

[0062] ・中立面16に隣り合う繊維束層として、繊維配向角度が 0° の繊維束層を配置する必要はない。この場合、繊維配向角度が 0° の繊維束層に代えて、繊維配向角度が 90° の繊維束層を配置してもよい。また、中立面16に隣り合うように、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層と $-\theta$ の繊維束層とをそれ

ぞれ配置してもよい。

- [0063] ・ 繊維強化複合材料 11 は、全体として擬似等方性を有していなくてもよい。例えば、第 1 実施形態において、繊維強化複合材料 11 を構成する際、繊維配向角度が 0° の繊維束層の数を減らしたり、無くしたり、繊維配向角度が 90° の繊維束層の数を減らしたりしてもよい。この場合、基準面を挟む両側のうちの一方において、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層である $+\theta$ 層の数と繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層である $-\theta$ 層の数とが同じであり、繊維束層の積層順が基準面に対して逆対称であり、かつ基準面を挟む両側のそれぞれにおける $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束層の数が同じであれば、繊維強化複合材料 11 の反りを低減することができる。
- [0064] ・ 繊維配向角度が 0° の繊維束層の配置位置と、繊維配向角度が 90° の繊維束層の配置位置とを交換してもよい。
- [0065] ・ 基準面を挟む両側のそれぞれにおける $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束層、即ち、繊維配向角度が 0° の繊維束層又は繊維配向角度が 90° の繊維束層の数は 2 以上であってもよい。また、 $+\theta$ 層と $-\theta$ 層との間に、繊維配向角度が 0° 又は 90° の両繊維束層を配置してもよい。
- [0066] ・ 繊維配向角度が $+45^\circ$ 又は -45° の繊維束層の他に、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を使用して、擬似等方性の繊維強化複合材料 11 を製造することがある。この場合、全ての繊維束層を一方向性の織物で構成するのではなく、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を、一般の平織物又は綾織物の経糸群と緯糸群とで代用してもよい。平織物の経糸群と緯糸群で代用すると、強化繊維同士が交差部で屈曲する割合が多くなる。このため、全ての繊維束層を一方向性の織物で構成する方が、最終的に得られる繊維強化複合材料 11 の物性が向上する。しかしながら、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層を一般の平織物の経糸群と緯糸群とで代用する場合、繊維束層の配置作業の工数が小さくなる。また、繊維束層に市販の炭素繊維織物を利用できるため、製造コストを低減できる。
- [0067] ・ 積層繊維束層として、積層繊維束層をその厚さ方向に配列されたステッ

チ系により結合したものをを用いてもよい。この場合、平板以外の形状の繊維強化複合材料をRTM法により製造する際、型外で積層繊維束層を目的の形状に賦形した後、プリフォームされた成形体を型内に配置してもよい。

[0068] ・繊維強化複合材料を製造する方法は、RTM法に限らない。例えば、一方向に配列された繊維束に熱硬化性樹脂を含浸させて半硬化状態の複数のプリプレグを形成し、複数のプリプレグを積層して積層繊維束層を形成し、型内に配置された積層繊維束層を加熱及び加圧するようにしてもよい。

[0069] ・スキンウェブ構造を有する繊維強化複合材料11を製造する場合、平板状のスキン部12と、スキン部12上に一体化されると共に断面逆T字状を有する強化部14とを同時に製造してもよい。また、スキン部12と強化部14とを別々に製造した後、強化部14をスキン部12と一体化してもよい。この場合、スキン部12と強化部14との固定には、接着剤や、ボルト及びナットなどの締結具を用いてもよい。

[0070] ・繊維強化複合材料は、航空機の構造材料に限らず、他の構造材料に使用してもよい。

[0071] ・繊維強化複合材料のマトリックス樹脂を構成する熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂以外に、不飽和ポリエステル樹脂、フェノール樹脂等であってもよい。しかしながら、エポキシ樹脂を使用した場合、強化繊維として炭素繊維を使用すれば、目的の機械物性や耐熱性を満たす繊維強化複合材料を容易に製造することができる。

[0072] ・強化繊維を構成する繊維束として、炭素繊維以外に、アラミド繊維、ポリ-p-フェニレンベンゾビスオキサゾール繊維、超高分子量ポリエチレン繊維等の高強度の有機繊維、ガラス繊維やセラミック繊維等の無機繊維を使用してもよい。

[0073] ・繊維強化複合材料のマトリックスは、繊維強化樹脂に限らず、樹脂以外の材料であってもよい。特に、耐熱性が要求される場合、炭素繊維を強化繊維として有する繊維強化樹脂を焼成して樹脂を炭化させたカーボン／カーボン複合材料であってもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 強化繊維からなる複数の繊維束層を積層した積層繊維束層にマトリックスが含浸されて構成された繊維強化複合材料であって、
- 基準面を挟む両側のそれぞれにおいて、繊維配向角度が $+\theta$ の繊維束層である $+\theta$ 層の数と、繊維配向角度が $-\theta$ の繊維束層である $-\theta$ 層の数とが同じであり、
- 前記繊維束層の積層順は、前記基準面に対して逆対称であり、
- 基準面を挟む両側のそれぞれにおける前記 $+\theta$ 層と前記 $-\theta$ 層との間に配置される他の繊維束層の数は同じであることを特徴とする繊維強化複合材料。
- [請求項2] 請求項1に記載の繊維強化複合材料において、
- 前記 $+\theta$ 層及び前記 $-\theta$ 層は、前記基準面を挟む両側にそれぞれ2層ずつ存在し、
- 前記繊維束層の積層順として、前記基準面を挟む両側のうちの一方では二つの前記 $+\theta$ 層の間に二つの前記 $-\theta$ 層が配置され、他方では二つの前記 $-\theta$ 層の間に二つの前記 $+\theta$ 層が配置されていることを特徴とする繊維強化複合材料。
- [請求項3] 請求項1又は2に記載の繊維強化複合材料において、
- 前記 θ は 45° であることを特徴とする繊維強化複合材料。
- [請求項4] 請求項1又は2に記載の繊維強化複合材料において、
- 前記 $+\theta$ 層は、繊維配向角度が $+36^\circ$ の繊維束層と繊維配向角度が $+72^\circ$ の繊維束層とからなる2層1組を構成し、前記 $-\theta$ 層は、繊維配向角度が -36° の繊維束層と繊維配向角度が -72° の繊維束層とからなる2層1組を構成することを特徴とする繊維強化複合材料。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料において、
- 前記繊維強化複合材料は、平板状のスキンと前記スキンに対して垂直に延びる1以上のウェブとを有する構造体を構成することを特徴と

する繊維強化複合材料。

[請求項6]

請求項1～5のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料において、

前記繊維束層は、一方向性の織物により構成されていることを特徴とする繊維強化複合材料。

[請求項7]

請求項3に記載の繊維強化複合材料において、

前記他の繊維束層は、繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層であり、

前記繊維配向角度が 0° 又は 90° の繊維束層は、平織物又は綾織物により構成されていることを特徴とする繊維強化複合材料。

[請求項8]

請求項1～7のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料の製造方法であって、

一方向に配列された繊維束に熱硬化性樹脂を含浸させて半硬化状態の複数のプリプレグを形成する工程と、

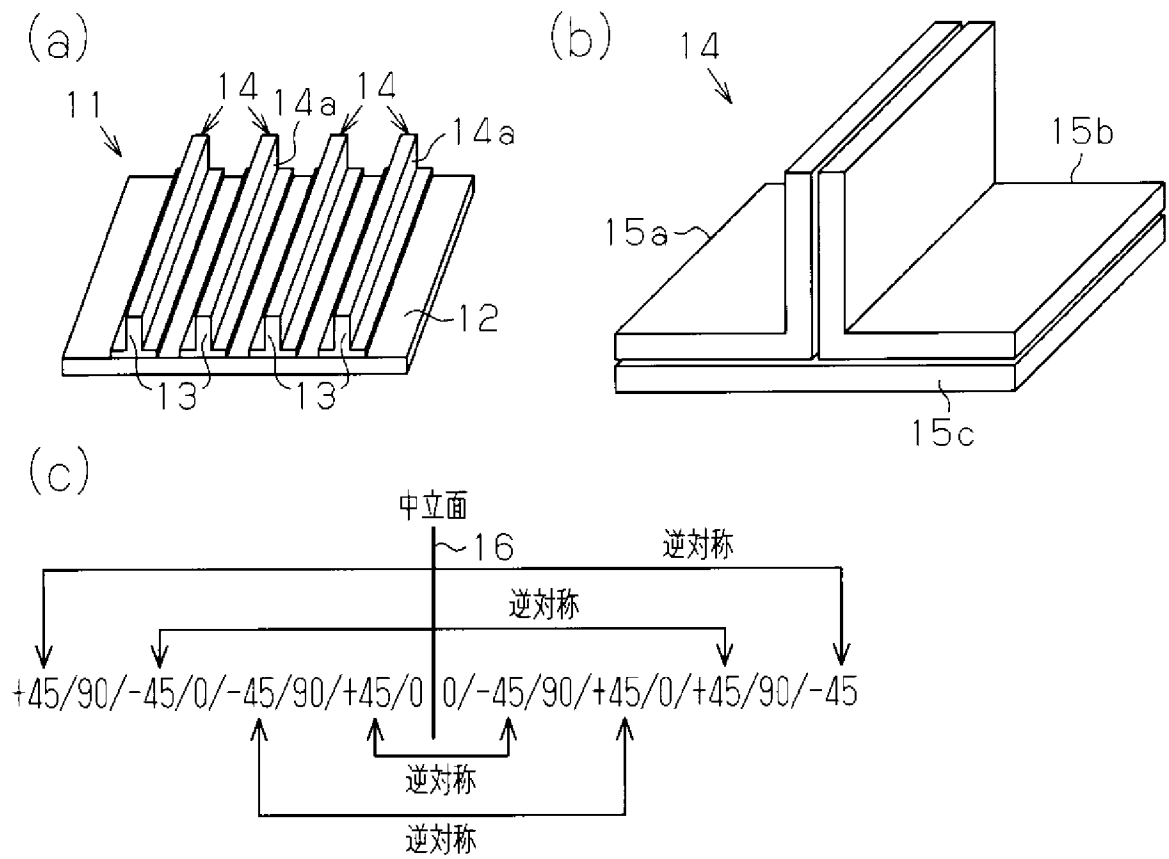
前記複数のプリプレグを積層して積層繊維束層を形成する工程と、

前記積層繊維束層を所定の形状に賦形する工程と、

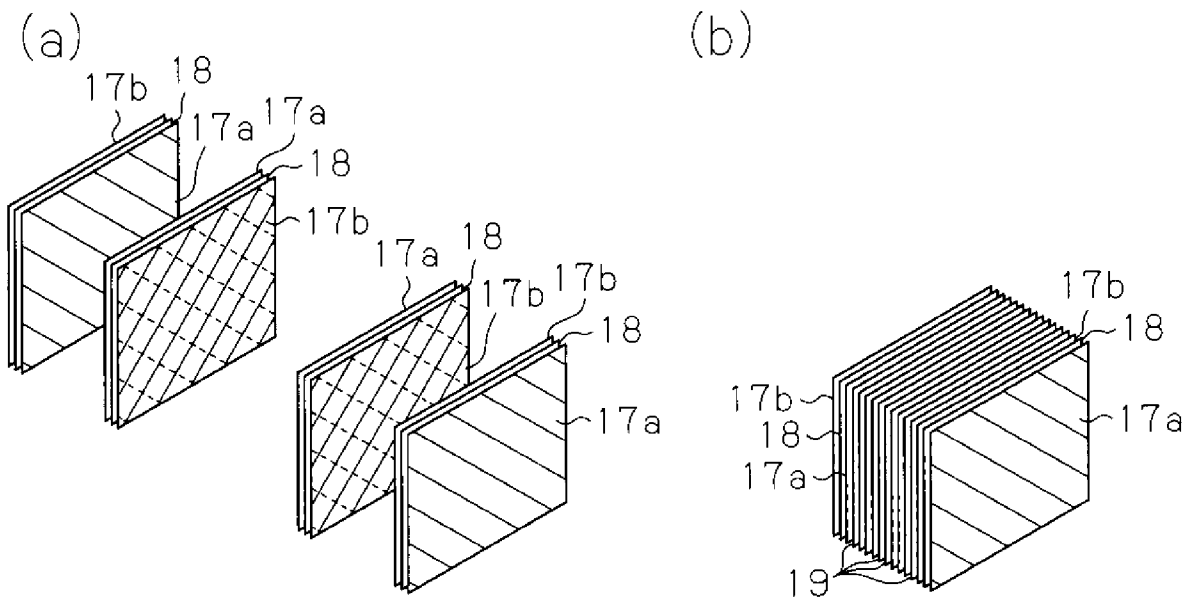
賦形された前記積層繊維束層を成形型内に配置する工程と、

前記成形型内の積層繊維束層を加熱及び加圧して硬化させる工程とを備える製造方法。

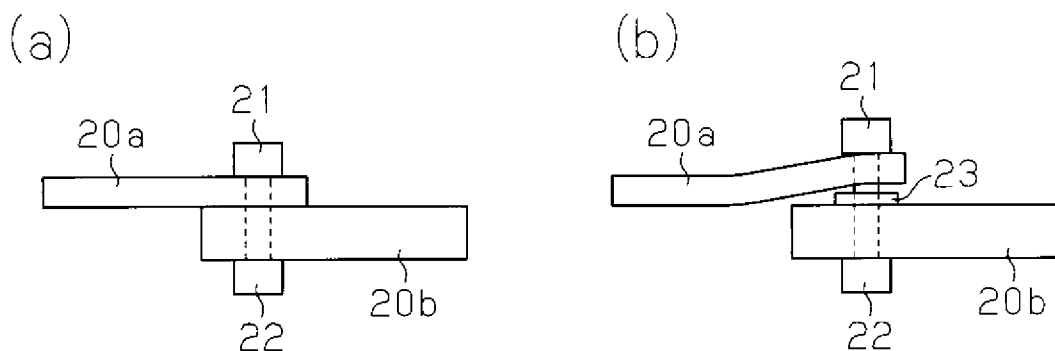
[图1]



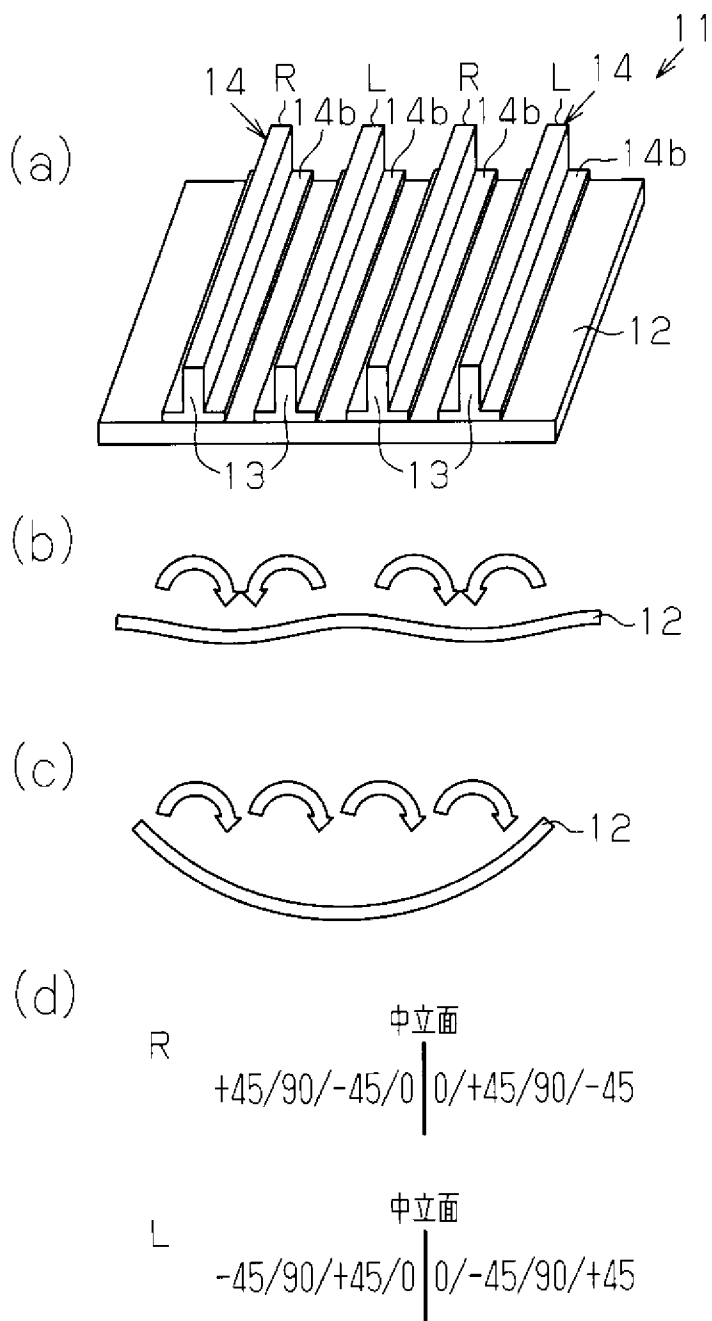
[图2]



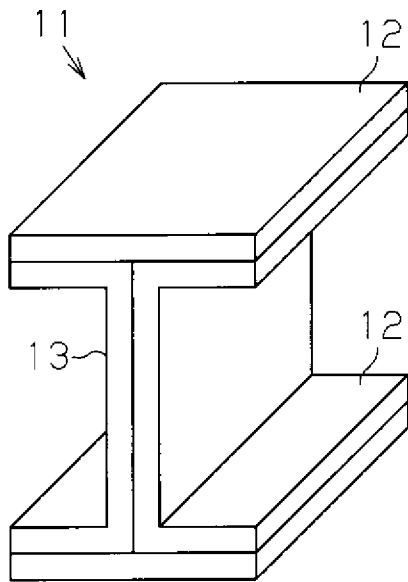
[図3]



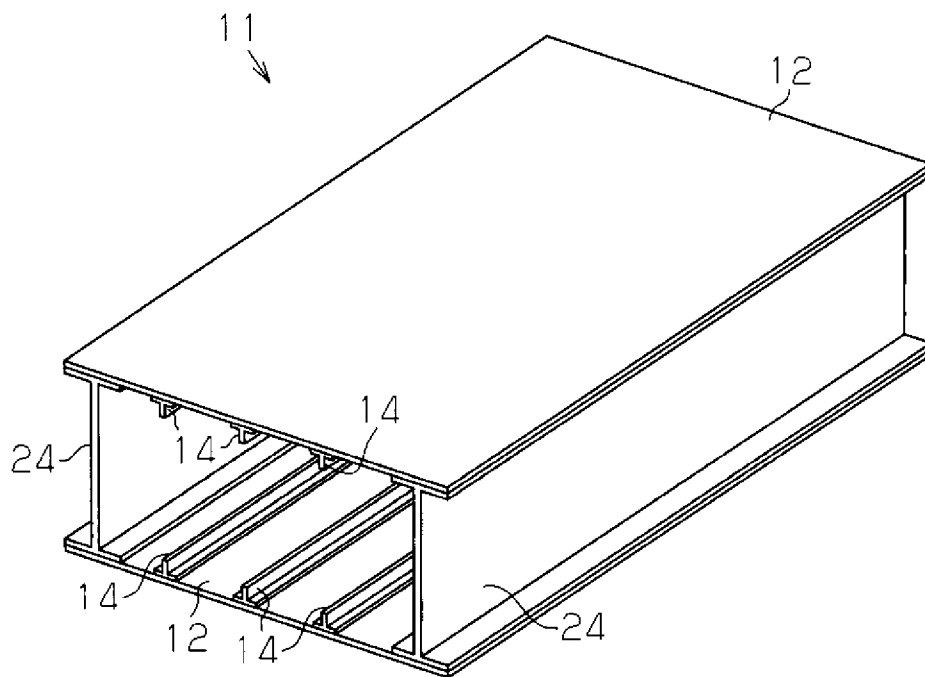
[図4]



[図5]

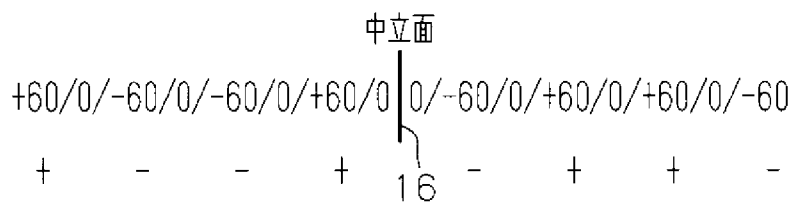


[図6]

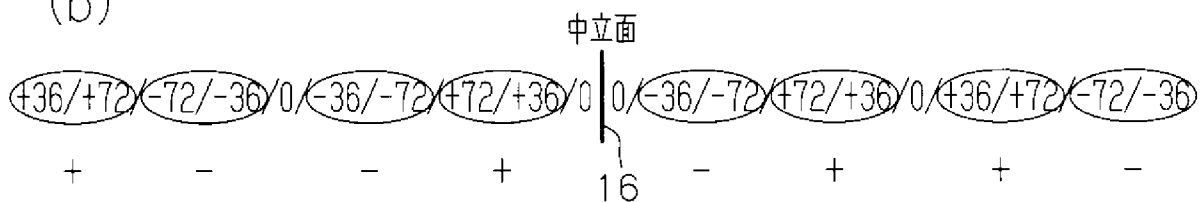


[図7]

(a)

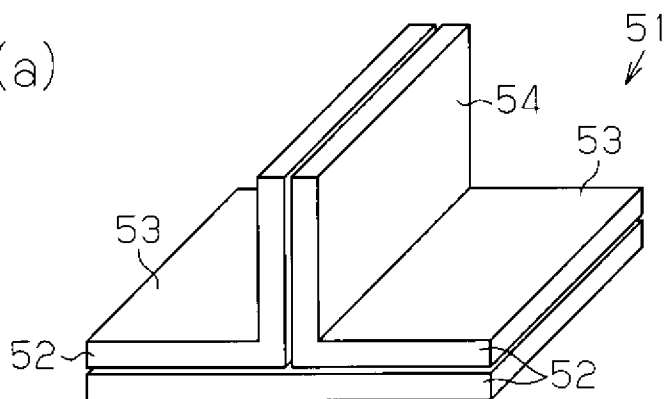


(b)



[図8]

(a)

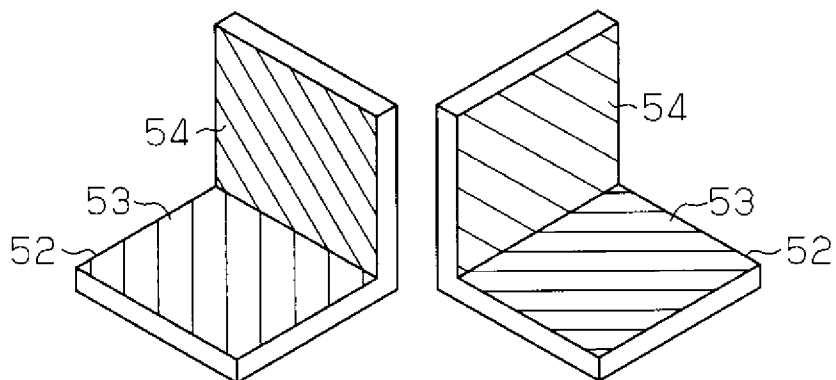


(b)

+45
90
-45
0
0
-45
90
+45

中立面

(c)



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061966

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B5/12(2006.01) i, B29B15/08(2006.01) i, B29K105/08(2006.01) n

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)

B32B1/00-43/00, B29B11/16, B29B15/08-15/14, C08J5/04-5/10, C08J5/24

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 9-1713 A (Nissan Motor Co., Ltd.), 07 January 1997 (07.01.1997), entire text (Family: none)	1-8
A	WO 2008/38429 A1 (Toray Industries, Inc.), 03 April 2008 (03.04.2008), entire text & US 2010/0028616 A1 & EP 2067615 A1 & KR 10-2009-0071537 A & CN 101516613 A & TW 200815183 A	1-8
A	JP 2009-191186 A (Toray Industries, Inc.), 27 August 2009 (27.08.2009), entire text (Family: none)	1-8

 Further documents are listed in the continuation of Box C. 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
10 July, 2012 (10.07.12)Date of mailing of the international search report
24 July, 2012 (24.07.12)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/061966

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-346190 A (Mitsubishi Rayon Co., Ltd.), 09 December 2004 (09.12.2004), entire text (Family: none)	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B32B5/12(2006.01)i, B29B15/08(2006.01)i, B29K105/08(2006.01)n

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B32B1/00-43/00, B29B11/16, B29B15/08-15/14, C08J5/04-5/10, C08J5/24

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの
 日本国実用新案公報 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2012年
 日本国実用新案登録公報 1996-2012年
 日本国登録実用新案公報 1994-2012年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 9-1713 A（日産自動車株式会社）1997.01.07, 文献全体（ファミリーなし）	1-8
A	WO 2008/38429 A1（東レ株式会社）2008.04.03, 文献全体 & US 2010/0028616 A1 & EP 2067615 A1 & KR 10-2009-0071537 A & CN 101516613 A & TW 200815183 A	1-8
A	JP 2009-191186 A（東レ株式会社）2009.08.27, 文献全体（ファミリーなし）	1-8
A	JP 2004-346190 A（三菱レイヨン株式会社）2004.12.09, 文献全体（ファミリーなし）	1-8

C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

<p>* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願</p>	<p>の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献</p>
--	---

国際調査を完了した日 10.07.2012	国際調査報告の発送日 24.07.2012
--------------------------	--------------------------

国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ISA/J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官（権限のある職員） 川端 康之	4 S	9 1 5 6
	電話番号 03-3581-1101 内線 3474		