

PCT

- 〔続葉有〕



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

強化繊維糸条が湾曲基材の全面にわたって敷き詰められた帯状強化繊維基材を容易にかつ確実に得ることができる製造方法と装置を提供する。強化繊維ストランドを一方向に並行に配置した帯状の一方向強化繊維基材の一面を、可撓性部材に接触させ、該可撓性部材の少なくとも一部を、一方向強化繊維基材との接触面に沿う方向に円弧状に変形させることにより、接触している一方向強化繊維基材を円弧状に変形させ、しかる後に可撓性部材を変形された一方向強化繊維基材から離反させることを特徴とする、円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法および製造装置、およびその基材を用いた積層体、プリフォームおよび繊維強化樹脂複合材料。

明 細 書

発明の名称：

円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法および製造装置、およびその基材を用いた積層体、プリフォームおよび繊維強化樹脂複合材料

技術分野

[0001] 本発明は、基材長手方向に沿って湾曲した円弧状部を有する帯状の強化繊維基材の製造方法と製造装置、その帯状強化繊維基材を用いて形成された積層体、その積層体を用いて賦形されたプリフォーム、そのプリフォームを用いて成形された繊維強化樹脂複合材料に関する。

背景技術

[0002] 繊維強化樹脂複合材料は、軽量で強度、剛性の高い素材として広く知られている。比較的長尺の繊維強化樹脂複合材料を成形する場合、目標とする方向に高い強度や剛性を確保するために、強化繊維の配向方向が所定の各方向に設定された複数の帯状の強化繊維基材を積層した積層体の構成を採用することが多い。強化繊維に未硬化の樹脂を含浸させたプリプレグの形態の積層体を採用することもあるが、目標とする所定形状への製造のし易さを考慮すると、通常、樹脂が含浸されていないドライの強化繊維積層体を作製し、その強化繊維積層体を所定形状のプリフォームに賦形し、賦形されたプリフォームにマトリックス樹脂を含浸させ、樹脂を硬化させて所定形状の繊維強化樹脂複合材料を製造する方法が採られる。

[0003] 最近、例えば航空機の胴体の構成部材等に、軽量で強度、剛性の高い、比較的長尺の繊維強化樹脂複合材料が要求されるようになってきた。すなわち、航空機用の長尺の補強材や構造部材を、より軽量化を目指して繊維強化樹脂複合材料で作製することが要求されるようになってきた。このような航空機用の部材は、横断面形状が例えば L、T、I、C、Z 形形状を有することが多く、かつ、長手方向に真直な部材は少なく、多くの部材が長手方向の少なくとも一部に、長手方向に沿って湾曲した円弧状部を有している。このよ

うな円弧状部を有する繊維強化樹脂複合材料からなる長尺部材を作製するための技術として、例えば特許文献 1 に、強化繊維からなる円弧状の平坦なプリフォーム前駆体を準備し、これを円弧状の曲線に沿って横断面方向に折り曲げる方法が開示されている。この方法では、真直な帯状の強化繊維材の集合体を横断面方向に折り曲げ、かつそれを長手方向に曲げて円弧状部を形成するよりも、材料に発生する歪が低減され、皺や、うねり等の欠点の少ない、高品位の複合材料を得ることができるとされている。しかしながら、この特許文献 1 には、所定の円弧形状に湾曲した帯状強化繊維基材をどのように作製するのか、さらには基材を積層した強化繊維積層体をどのように作製するのが示されていない。

[0004] 一方、円弧状の強化繊維積層体としては、円弧の周方向に延びる軸線に対し所定の角度で強化繊維系条を面状に配置した層を、各層毎に角度を変えながら複数層重ねるものが求められる。このような強化繊維積層体における各湾曲強化繊維基材を作製する方法として、細幅の強化繊維テープを所定の角度を維持しながら互いに隣接させて配置していく方法が知られているが、円弧状に湾曲した形態の軸線に対して細幅の強化繊維テープを所定の角度を維持しながら配置するためには、細幅の強化繊維テープの強化繊維系条の配向方向を徐々に変えながら各強化繊維テープを配置していく必要があり、高精度の位置決め制御が要求されるため、設備費が高価となる上、生産効率が悪い。

[0005] 一方、強化繊維系条の配向方向を所定の方向に設定した湾曲強化繊維基材を作製する方法として、特許文献 2 に記載されている方法が知られている。この方法では、強化繊維系条をピンで固定し、ピン同士の相対位置を変化させて強化繊維系条の配向方向を湾曲させるものであるが、ピンの表面同士を結ぶ接線が強化繊維系条の方向となるため、強化繊維系条はジグザグに配置されることになり、隣接する強化繊維系条同士は厳密には平行にならないし、折り返しの端部付近で繊維がピンに対し縦長に広がってしまう。これらを軽減するためには、細い繊維束と狭いピンのピッチが必要となるが、そうす

ると、生産効率が極端に低下する。また、この方法は、基本的に各層毎に強化繊維の方向が異なる複数の強化繊維層を多層積層した強化繊維積層体を一括して曲げる技術である。一括して曲げる技術では、本来強化繊維の方向が異なる各層毎に個別の適正な変形形態が必要であるにもかかわらず、全体として一様に変形されるので、部分的に繊維の皺やたるみが発生する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：WO 2004/016844号公報

特許文献2：特開2004-218133号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] 本発明の課題は、上記のような従来技術における限界に鑑み、強化繊維糸条が湾曲基材の実質的に全面にわたって望ましい形態で配置された円弧状部を有する帯状強化繊維基材を容易にかつ確実に得ることができる製造方法と製造装置を提供することにある。

[0008] また本発明は、そのような方法で製造された帯状強化繊維基材を用いて形成された強化繊維積層体、その積層体を用いて賦形されたプリフォーム、そのプリフォームを用いて成形された繊維強化樹脂複合材料を提供することも課題とする。

課題を解決するための手段

[0009] 上記課題を解決するために、本発明に係る円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法は、強化繊維ストランドを一方向に並行に配置した帯状の一方向強化繊維基材の一面を、可撓性部材に接触させ、該可撓性部材の少なくとも一部を、前記一方向強化繊維基材との接触面に沿う方向に円弧状に変形させることにより、接触している前記一方向強化繊維基材を円弧状に変形させ、しかる後に前記可撓性部材を変形された一方向強化繊維基材から離反させることを特徴とする方法からなる。

[0010] このような本発明に係る方法では、とくに湾曲可能な可撓性部材が使用され、その可撓性部材に接触された帯状の一方向強化繊維基材が、可撓性部材の湾曲変形とともに、円弧状に湾曲変形される。可撓性材料からなる可撓性部材は、湾曲変形させるべき部位の面の全体にわたって均等に湾曲変形可能であるので、その面を接触面として接触されている一方向強化繊維基材も、接触面の全体にわたって均等に円弧状に湾曲変形可能となり、各強化繊維糸条自体が望ましい位置に移動され、目標とする望ましい形態の円弧状部を有する帯状強化繊維基材が得られる。

[0011] 上記本発明に係る帯状強化繊維基材の製造方法においては、上記可撓性部材として、互いの相対位置を変化可能な複数の細長い小片を隣接配置した部材を用い、該小片の長手方向と上記強化繊維ストランドの延在方向を一致させて上記一方向強化繊維基材の一面を前記可撓性部材に接触させるようにすることができる。このように構成すれば、各小片毎により細かくより適切に変形可能であるので、それら小片を隣接配置した可撓性部材全体としても、個々の部位がより適切に変形可能となり、その可撓性部材に接触している帯状の一方向強化繊維基材も、個々の部位がより適切に所望の形状に変形されることになる。

[0012] また、上記本発明に係る帯状強化繊維基材の製造方法においては、上記一方向強化繊維基材を円弧状に変形させた状態で基材を加熱し、しかる後に該基材を冷却することにより、該基材の円弧状の形状を固定することが可能である。このように帯状強化繊維基材の円弧状部を所定の形状に固定することにより、その帯状強化繊維基材を積層して積層体に形成する際にも、所定形状を維持したまま扱いやすいものとすることができる。

[0013] また、本発明に係る帯状強化繊維基材の製造方法は、強化繊維ストランドが各種方向に配向された基材に対して適用できる。帯状強化繊維基材を複数枚積層して積層体を形成する場合は、通常、強化繊維ストランドが各種方向に配向された基材を強化繊維層として積層するので、各強化繊維基材が望ましい形状に湾曲されており、かつ、その強化繊維ストランドが望ましい方向

に配向されていると、強化繊維積層体全体としても望ましい形状、強化繊維配向形態を実現できる。例えば、強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し30度以上90度以下の角度をもって配置した一方向強化繊維基材を用いる場合、上記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、円弧形状の内半径側を周方向に収縮および／または外半径側を周方向に伸長させることにより、強化繊維ストランドの間隔を変化させるようにすることができる。このようにすれば、湾曲形成される帯状強化繊維基材の全面にわたって強化繊維ストランドが適切に分布している形態を実現することが可能になる。

- [0014] この方法においては、例えば、強化繊維ストランド同士をそれらと交差する方向に延びる補助糸で繋いだ一方向強化繊維基材で、強化繊維ストランド間の隙間が以下の式を満たす基材を用い、上記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、円弧形状の内半径側を周方向に収縮させることにより、強化繊維ストランドの間隔を縮めるようにすることが好ましい。このようにすれば、より均等な強化繊維ストランドの分布を達成可能となる。

$$d/W1 \geq W2/r1$$

W1：強化繊維ストランドの幅

d：強化繊維ストランド間の隙間

r1：円弧形状の内半径

W2：一方向強化繊維基材の幅

- [0015] また、強化繊維ストランドを基材の長手方向に並行に配置した一方向強化繊維基材を用いる場合には、上記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、該可撓性部材を、強化繊維ストランド同士が長手方向に相対的に平行移動するように（つまり、強化繊維ストランド同士が互いに長手方向に相対的にずれるように）変形させることができる。このようにすれば、長手方向に延びている各強化繊維ストランドのそれぞれを、望ましい円弧形状に湾曲させることが可能になり、強化繊維ストランド間に、望ましくない局部変形や局部応力が残ることも防止可能となる。

- [0016] また、本発明に係る帯状強化繊維基材の製造方法においては、上記可撓性

部材を円弧状に変形させるに際し、上記一方向強化繊維基材を間に上記可撓性部材とは反対側に平坦面を有する支持板を配置し、上記可撓性部材と上記支持板で一方向強化繊維基材を挟み込むようにすることができる。この場合、支持板は湾曲変形されないので、可撓性部材が円弧状に変形されるときには、可撓性部材の変形とともに円弧状に変形される一方向強化繊維基材と支持板との間には相対摺動が生じることになる。したがって、この間の摩擦抵抗は、一方向強化繊維基材の湾曲形態が崩れないように、小さくしておくことが好ましい。

[0017] このような支持板としては、例えば、静電気力により物体を吸着可能な静電吸着板を用いることができる。

[0018] 本発明は、上記のような方法により得られた、強化繊維ストランドの方向が互いに異なる複数種の、円弧状部を有する帯状強化繊維基材が、複数枚積層されていることを特徴とする、円弧状部を有する強化繊維積層体についても提供する。積層される各帯状強化繊維基材が、それぞれ、望ましい湾曲形態に形成されているので、積層体全体としても、各強化繊維層の強化繊維が所望の方向に適切に配向された、望ましい形態の強化繊維積層体とされる。

[0019] また、本発明は、このように形成された強化繊維積層体が、長手方向において円弧状部を有する立体形状の型に沿わせて賦形されてなるプリフォームについても提供する。強化繊維積層体が望ましい形態に形成されているので、それを所定形状の型に沿わせて賦形したプリフォームも、容易に望ましい形態に賦形される。

[0020] さらに、本発明は、このように賦形されたプリフォームにマトリックス樹脂が含浸され、含浸されたマトリックス樹脂が硬化されて製造された繊維強化樹脂複合材料についても提供する。プリフォームが望ましい形態に賦形されているので、それに樹脂を含浸させて硬化させた繊維強化樹脂複合材料も、容易に目標とする望ましい形態に作製される。

[0021] 本発明に係る円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置は、複数の強化繊維ストランドが一方向に並行に配置された帯状の一方向強化繊維基材の

少なくとも一部を円弧状に変形させる装置であって、前記一方向強化繊維基材との平坦な接触面を有し、該接触面が、長手方向に真直な状態から該接触面に沿う方向に円弧状に撓むことが可能な可撓性部材と、該可撓性部材を長手方向に真直な状態にする真直化手段と、前記可撓性部材を前記円弧状の状態にする円弧化手段とを有することを特徴とするものからなる。

[0022] このような本発明に係る帯状強化繊維基材の製造装置においては、可撓性部材上に配置された一方向強化繊維基材が、可撓性部材の変形とともに所望の円弧状に変形される。可撓性部材は、真直化手段によって長手方向に真直な状態にされ、上記一方向強化繊維基材が湾曲変形される際に、円弧化手段によって目標とする円弧状の状態にされ、一方向強化繊維基材の湾曲変形後には、次の湾曲変形に備えて再び真直化手段によって長手方向に真直な状態とされる。したがって、この装置により、複数の湾曲帯状強化繊維基材を順次製造していくことが可能である。異なる形状の円弧状に形成する場合には、円弧化手段の形状を変えればよい。このような構成を有する装置により、所望の湾曲帯状強化繊維基材が、次々と、短時間で効率よく製造されていく。

[0023] 上記本発明に係る帯状強化繊維基材の製造装置においては、上記可撓性部材としては、例えば、互いの相対位置を変化可能な複数の細長い小片を隣接配置した部材から構成することができる。このように構成すれば、前述の如く、各小片毎により細かくより適切に変形可能になるので、それら小片を隣接配置した可撓性部材全体としてもより適切な望ましい変形が可能となり、その可撓性部材を用いて所望の円弧状部を有する帯状強化繊維基材を製造できるようになる。

[0024] また、上記本発明に係る帯状強化繊維基材の製造装置においては、上記可撓性部材の接触面が、該接触面の長手方向と交差する方向に延びる細長い小片を該接触面の長手方向に沿って複数並設することによって形成されており、各小片の長手方向が前記接触面の長手方向に対し30度以上90度以下の角度をもつように設定されているとともに、各小片が相対回動可能に、また

は、相対回動可能でかつ小片の長手方向に相対移動可能に設けられている構造とすることができる。このような構造は、強化繊維ストランドの配向方向が、基材長手方向に対し30度以上90度以下の角度をもつように設定されている基材に対して好適なものであり、この構造においては、可撓性部材が円弧化手段によって円弧状の状態にされる際、長手方向に対し所定の角度をもって配置されていた各小片がそれぞれ適切に回動あるいは回動とともに長手方向に相対移動できるので、可撓性部材が湾曲された状態にて、各小片がそれぞれ最適な方向に向けられ、それら各小片の向きに沿って、それらに対応する部位に配置されている帯状強化繊維基材の各部位における強化繊維ストランドもそれぞれ最適な方向に向けられることになる。その結果、湾曲形成された帯状強化繊維基材の各部位における強化繊維ストランドが、湾曲形状の周方向に沿って、徐々に角度を変えていく形態を容易に実現でき、従来装置では得られにくかった望ましい強化繊維ストランドの配向形態が得られることになる。

[0025] また、上記構造においては、可撓性部材およびその周囲部分の構造として、各種の形態を採り得る。例えば、上記可撓性部材が、円弧状に撓んだ形状から真直形状まで復元可能な変形可能部材と、それに連結された上記小片とからなる形態を採用できる。この形態においては、上記小片が、上記変形可能部材に対し、一定の位置関係にて（相対位置関係が実質的に一定の位置関係に固定されて）連結されている形態を採用できる。あるいは、上記小片が、上記変形可能部材に対し、回動自在に連結されている形態とすることもできる。さらには、上記可撓性部材が円弧状に撓んだ状態で隣接小片間ピッチを小片長手方向におけるいずれかの位置にて所定の値に規定する小片ピッチ規定手段を有する形態を採用することも可能である。小片ピッチの規定は、各小片の任意の位置で行うことが可能であり、例えば、各小片の先端側でピッチ規定したり、各小片の長手方向途中位置でピッチ規定したりすることが可能である。

[0026] また、上記可撓性部材の接触面が、該接触面の長手方向に沿う方向に延び

る細長い小片を該接触面の長手方向と交差する方向に沿って複数並設することによって形成されており、各小片は、上記接触面に沿う方向に円弧状に変形可能に構成されており、かつ、円弧状に変形する際に隣接する小片同士が長手方向に相対的に平行移動可能に設けられている構造とすることができる。このような構造は、強化繊維ストランドの配向方向が、基材長手方向に沿う方向に設定されている場合に好適なものであり、この構造においては、可撓性部材が円弧化手段によって円弧状の状態にされる際、互いに隣接する小片同士が長手方向に相対的に平行移動されるので、各小片がそれぞれ最適な形状に湾曲することができ、それら各小片の湾曲形状に沿って、それらに対応する部位に配置されている帯状強化繊維基材の各部位における強化繊維ストランドもそれぞれ最適な形状に湾曲されることになる。その結果、湾曲形成された帯状強化繊維基材の各強化繊維ストランドが、それぞれ、湾曲形状の周方向に沿って望ましい形態で湾曲された形態を容易に実現でき、従来装置では得られにくかった望ましい湾曲基材の強化繊維ストランドの配向形態が得られることになる。

[0027] また、本発明に係る帯状強化繊維基材の製造装置においては、上記一方向強化繊維基材を間に上記可撓性部材とは反対側に配置され、上記可撓性部材の平坦な接触面が長手方向に真直な状態から円弧状に撓んだ状態になる間、常に上記一方向強化繊維基材に接触可能な平坦な接触面を備えた支持板を有する構造を採用することができる。湾曲形成される一方向強化繊維基材は、可撓性部材の平坦な接触面と支持板の平坦な接触面との間に挟まれることになり、基材が湾曲される際には、基材とそれに接触する支持板の平坦な接触面との間では、相対的に摺動される。基材は、平板形態に保たれながら、平面的に目標とする円弧状の形状に湾曲されることになり、所望の湾曲基材が容易に製造される。このような支持板としては、例えば、静電気力により物体を吸着可能な静電吸着板を用いることができる。

[0028] また、上記支持板が、上記可撓性部材の接触面に垂直な方向に接近、退避する方向、および、接触面に平行な方向に移動可能に設けられている構造を

採ることができ、湾曲基材の作製工程および、湾曲基材を積層した強化繊維積層体の作製工程において、必要に応じて支持板を移動させることができる。

発明の効果

[0029] 本発明に係る円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法および製造装置によれば、所望形状に湾曲可能な可撓性部材を用い、該可撓性部材とともに一方向強化繊維基材を湾曲させることにより、強化繊維ストランドが、それぞれ、湾曲形状に対して最適な方向に配向された、望ましい形態の湾曲帯状強化繊維基材を効率よく製造することができる。

[0030] また、本発明に係る強化繊維積層体によれば、上記の望ましい形態の湾曲帯状強化繊維基材が所定枚数積層されていることにより、積層体全体として、望ましい形態に形成される。

[0031] また、本発明に係るプリフォームによれば、上記の望ましい形態に形成された強化繊維積層体が所定形状の型に沿わせて賦形されているので、プリフォームの形態においても湾曲形状内における強化繊維ストランドの望ましい配向形態が保たれる。

[0032] さらに、本発明に係る繊維強化樹脂複合材料によれば、上記の望ましい形態に賦形されたプリフォームに対して樹脂が含浸、硬化されているので、最終的な成形体である繊維強化樹脂複合材料もまた、内部に強化繊維ストランドが望ましい形態で配向された、望ましい物性を実現可能な複合材料となる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]本発明の一実施態様に係る円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法を実施するための製造装置の概略縦断面図である。

[図2]図1の装置の斜視図である。

[図3]図1の装置の動作状態を示す概略平面図であり、(A)は可撓性部材を真直化した状態、(B)は可撓性部材を湾曲させた状態を示している。

[図4]図1の装置における可撓性部材の構成例を示す概略平面図であり、(A

）は可撓性部材を真直化した状態、（B）は可撓性部材を湾曲させた状態を示している。

[図5]一方向強化繊維基材の一例を示す部分平面図である。

[図6]一方向強化繊維基材の別の例（A）、（B）、（C）（強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し90度で配置した例）を示す部分平面図である。

[図7]図6の基材を用いる場合の可撓性部材の概略平面図であり、（A）、（C）、（E）は可撓性部材を真直化した状態、（B）、（D）、（F）は可撓性部材を湾曲させた状態を示している。

[図8]一方向強化繊維基材のさらに別の例（A）、（B）、（C）（強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し45度で配置した例）を示す部分平面図である。

[図9]図8の基材を用いる場合の可撓性部材の概略平面図であり、（A）、（C）、（E）は可撓性部材を真直化した状態、（B）、（D）、（F）は可撓性部材を湾曲させた状態を示している。

[図10]各小片が変形可能部材に対し回動自在に連結されている例（A）、（B）を示す可撓性部材の部分平面図である。

[図11]小片ピッチ規定手段を有する可撓性部材の真直化状態（A）と湾曲状態（B）を示す部分平面図である。

[図12]本発明の一実施態様に係るプリフォームの斜視図である。

[図13]本発明の別の実施態様に係るプリフォームの斜視図である。

[図14]本発明のさらに別の実施態様に係るプリフォームの斜視図である。

[図15]本発明の一実施態様に係る繊維強化樹脂複合材料の製造の一例を示す成形装置の概略斜視図である。

[図16]本発明の別の実施態様に係る繊維強化樹脂複合材料の製造の別の例を示す成形装置の概略斜視図である。

[図17]強化繊維シートに切り目を入れた場合の形態例を示す強化繊維シートの概略平面図である。

発明を実施するための形態

[0034] 以下に、本発明の望ましい実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

図 1 ～ 図 5 は、本発明の一実施態様に係る円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法を実施するための製造装置を、その製造方法とともに示している。図 1 ～ 図 4 に示した装置は、図 5 に示すような、強化繊維ストランド 1 を基材長手方向 X-X の一方向に並行に配置した帯状の一方向強化繊維基材 2 の少なくとも一部を、基材長手方向 X-X に沿う方向に円弧状に湾曲変形させる（湾曲形状の方向 Y-Y）ための装置として例示してある。図 5 に示す基材 2 は、強化繊維ストランド 1 同士をそれらと交差する方向に延びる補助糸 3 で繋いだ一方向強化繊維基材 2 として構成されている。

[0035] 図 1 および図 2 において、円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置 11 は、例えば図 5 に示したような強化繊維ストランド 1 が一方向に並行に配置された帯状の一方向強化繊維基材 2 の少なくとも一部を円弧状に変形させる装置であって、一方向強化繊維基材 2 との平坦な接触面 12a を有し、該接触面 12a が、基材長手方向 X-X に真直な状態から該接触面 12a に沿う面方向に円弧状に撓むことが可能な可撓性部材 12 を備えており、かつ、この可撓性部材 12 を長手方向 X-X に真直な状態にする真直化手段 13a、13b と、可撓性部材 12 を円弧状の湾曲状態にする円弧化手段 14a、14b とを有している。これら真直化手段 13a、13b および円弧化手段 14a、14b は、本実施態様では、互いに対向配置された一对の板状部材から構成されており、該一对の板状部材は互いに接近、離反可能に設けられている。さらに、本実施態様では、製造装置 11 には、可撓性部材 12 上に配置された一方向強化繊維基材 2 を間に可撓性部材 12 とは反対側に、可撓性部材 12 の平坦な接触面 12a が長手方向に真直な状態から円弧状に撓んだ状態になる間、常に一方向強化繊維基材 2 に接触可能な平坦な接触面 15a を備えた支持板 15 が設けられている。この支持板 15 は、上下方向に移動可能に設けられている。

[0036] この製造装置 11 の動作を、図 2、図 3 を参照しながら説明する。

図 2、図 3 (A) に示すように、真直化手段 13 a、13 b により可撓性部材 12 を両側面側から挟み込むことにより、真直化手段 13 a、13 b の対向する直線状の側縁部に沿って、可撓性部材 12 が長手方向 X-X に真直な状態とされる。この状態で、可撓性部材 12 上に一方向強化繊維基材 2 が配置され、支持板 15 が下降されて、基材 2 が支持板 15 の接触面 15 a に対し相対的に摺動できるように、可撓性部材 12 と支持板 15 との間に強化繊維基材 2 が挟み込まれる。この状態から、一对の真直化手段 13 a、13 b が互いに離反する方向に移動され、一对の円弧化手段 14 a、14 b が互いに接近する方向に移動される。この円弧化手段 14 a、14 b の動作に伴い、図 3 (B) に示すように、可撓性部材 12 が円弧化手段 14 a、14 b 間に挟み込まれて円弧化手段 14 a、14 b の側面形状に沿って円弧状に湾曲変形される。この可撓性部材 12 とともに、その接触面 12 a に当接されている一方向強化繊維基材 2 も可撓性部材 12 と同じ形状に湾曲変形され、目標とした一方向強化繊維基材 2 の円弧状の湾曲形状への変形が達成される。所定の湾曲形状への変形後に、支持板 15 を上昇させて離反させ、湾曲された一方向強化繊維基材 2 を取り出せばよい。支持板 15 として、静電気力により物体（一方向強化繊維基材 2）を吸着可能な静電気吸着板を使用すれば、一方向強化繊維基材 2 への当接、離反を極めて容易にかつ的確に行うことが可能になる。上記取り出しの前または後に、前述したように、一方向強化繊維基材 2 は、湾曲変形された状態で加熱され、しかる後に冷却されてその湾曲形状を固定するようにしてもよい。具体的には、支持板 15 に熱媒や電熱式の加熱および／または冷却手段を設けることができる。一方向強化繊維基材 2 の湾曲形成動作後には、前述の真直化手段 13 a、13 b により可撓性部材 12 を元の真直状態に戻し、次の基材に対し上述のような動作を繰り返せばよい。

[0037] 上記可撓性部材 12 の円弧状への湾曲変形においては、例えば図 4 に示すような構成を採用すると、より円滑な変形が可能になる。すなわち、一方向

強化繊維基材 2 の強化繊維ストランド 1 同士が長手方向に相対的に平行移動するように可撓性部材を変形させるために、図 4 (A) に示すように、可撓性部材 1 2 の接触面 (図 1 の 1 2 a) が、該接触面の長手方向に沿う方向に延びる細長い小片 2 1 を該接触面の長手方向と交差する方向に沿って複数並設することによって形成されているものを用いる。そして、各小片 2 1 は、図 4 (B) に示すように、上記接触面に沿う方向に円弧状に変形可能に構成されており、かつ、円弧状に変形する際に隣接する小片 2 1 同士が長手方向に相対的に平行移動可能に設けられている構成を採用することができる。このような構成により、円弧状の状態にされる際、互いに隣接する小片 2 1 同士が長手方向に相対的に平行移動されるので、各小片 2 1 は変形方向に拘束し合うことはなく、各小片 2 1 自体がそれぞれ最適な形状に湾曲することができる。したがって、それら各小片 2 1 の湾曲形状に沿って、それらに対応する部位に配置されている帯状強化繊維基材 2 の各部位における強化繊維ストランド 1 もそれぞれ最適な形状に湾曲されることになり、湾曲帯状強化繊維基材 2 の全体にわたって、所望の湾曲された強化繊維ストランド 1 が分布されることになる。

[0038] なお、図 4 に示した小片 2 1 の材料は、ゴムやエラストマーのような軟質で板状のものを用いるのが良い。また、この実施形態で示した一方向性強化繊維基材 2 は、補助系 3 が強化繊維ストランド 1 と交差する方向に連続した形態のものであるが、この場合、補助系 3 は強化繊維ストランド 1 同士が相対的に移動するのを妨げないよう、強化繊維ストランド間にたるみを持たせるのが良い。こうすることで、一方向強化繊維が湾曲形状になった際に、強化繊維ストランド同士の相対的な移動により、円弧の終端側の位置にある補助系ほど強化繊維ストランド長手方向に対して斜めに傾けられるが、補助系がこの変形に追従できるようになる。強化繊維ストランド間のたるみの量は、強化繊維ストランドの幅、円弧の曲率半径、円弧部の長さ (角度) から幾何学的に適宜決定することができる。

[0039] 以上の説明は、強化繊維ストランド 1 を基材長手方向 X-X の一方向に並

行に配置した帯状の一方向強化繊維基材 2 の場合について行ったが、強化繊維ストランドを他の方向に、例えば、強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し 30 度以上 90 度以下の角度をもって配向した基材に対しても適用できる。例えば図 6 (A) に、基材の長手方向 X-X に対し 90 度の角度をもって強化繊維ストランド 31 を配向した帯状の一方向強化繊維基材 32 の場合を示すように、この基材 32 を長手方向 X-X に沿って、可撓性部材とともに所定の曲率半径で湾曲させることが可能である。図 6 (A) における 33 は、強化繊維ストランド 31 同士を繋ぐ補助糸を示している。図 6 (A) に示した形態では、強化繊維ストランド 31 同士を 2 本の補助糸 33 で繋いであるが、図 6 (B) に示すように、強化繊維ストランド 31 の長手方向のいずれかの位置にて、強化繊維ストランド 31 同士を 1 本の補助糸 33 で繋いだ帯状の一方向強化繊維基材 32 a とすることも可能である。このようにすれば、次に述べる可撓性部材を使用して一方向強化繊維基材 32 a を円弧状に湾曲させる際に、隣接強化繊維ストランド 31 同士の変位の自由度を増大でき、湾曲を行い安くすることが可能である。また、図 6 (C) に示すように、途中まで延びる切れ目 34 を有する強化繊維ストランド 31 a を使用し、一方向強化繊維基材 32 b を湾曲変形させる際、各強化繊維ストランド 31 a 自身についても変位・変形の自由度を増大させることもできる。

[0040] 上記のような 90 度の角度をもって強化繊維ストランドを配向した帯状の一方向強化繊維基材に対しては、例えば、以下のような可撓性部材を使用できる。例えば、図 7 (A) に示すように、可撓性部材 41 が、とくにその基材との接触面が、該接触面の長手方向 X-X と交差する方向に延びる細長い小片 42 を該接触面の長手方向に沿って複数並設することによって形成された構造を採用できる。各小片 42 は、湾曲形成されるべき相手方の一方向強化繊維基材に応じて、小片 42 の長手方向が接触面の長手方向 X-X に対し例えば 30 度以上 90 度以下の適度な角度をもつようにかつ回動可能に設定することができ、例えば上記図 6 (A) に示した基材 32 に対しては、接触面の長手方向 X-X に対し 90 度の角度で小片 42 の長手方向が設定されて

いればよい。このような構成においては、図 7 (B) に示すように可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、円弧形状の内半径側を周方向に収縮させることにより、強化繊維ストランドの間隔を変化させるようにすることができ、強化繊維ストランドの均等な分布が達成可能となる。なお、図 7 (A)、(B) に示す小片 4 2 は、例えば樹脂のプレートとするのが、軽量で移動が容易であり好ましく、それらの上部を、例えば、無負荷の状態で見直した金属の板バネ 4 3 で接続するのが、可撓性部材の変形を見直した作用があり、小片 4 2 を容易に互いに平行な状態に復帰、配列できて好ましい。

[0041] このような小片 4 2 とそれらを接続する板バネ 4 3 の相対位置関係は、図 7 (C)、(D) に示すようにすることもでき、このように構成された可撓性部材 4 1 a においては、円弧形状の外半径側を周方向に伸長させることにより、強化繊維ストランドの間隔を変化させるようにすることができ、強化繊維ストランドの均等な分布が達成可能となる。また、図 7 (E)、(F) に示すように各小片 4 2 の長手方向中間部位 (図示例では、中央の部位) にて板バネ 4 3 で接続することもでき、このように構成された可撓性部材 4 1 b においては、円弧形状の内半径側を周方向に収縮させ、円弧形状の外半径側を周方向に伸長させることにより、強化繊維ストランドの間隔を変化させるようにすることができ、強化繊維ストランドの均等な分布が達成可能となる。

[0042] また、強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し 30 度以上 90 度以下の角度をもって配向させる場合の、他の例を示す。例えば図 8 (A) に、基材の長手方向 X-X に対し 45 度の角度をもって強化繊維ストランド 3 5 を配向し、それらを、それらと交差する方向に延びる複数本の補助糸 3 6 で繋いだ带状の一方向強化繊維基材 3 7 a の形態を示す。図 8 (B) には、図 8 (A) に示した形態に比べ、強化繊維ストランド 3 5 同士を、基材の長手方向 X-X に延びる 1 本の補助糸 3 6 で繋いだ带状の一方向強化繊維基材 3 7 b の形態を示す。図 8 (C) には、図 8 (A) に示した形態に比べ、強化繊維ストランド 3 5 と切れ目 3 8 を有する強化繊維ストランド 3 5 a を交互に

配置し、それらを、それらと交差する方向に延びる複数本の補助系 36 で繋いだ帯状の一方向強化繊維基材 37c の形態を示す。

[0043] このような基材の長手方向 X-X' に対し 45 度の角度をもって強化繊維ストランドを配向した帯状の一方向強化繊維基材に対しては、それを湾曲変形させるために、例えば図 9 に示すような可撓性部材を用いることができる。図 9 (A)、(B) に示す形態は、図 7 (A)、(B) に示した形態に対応する構成を有しており、図 9 (C)、(D) に示す形態は、図 7 (C)、(D) に示した形態に対応する構成を有しており、図 9 (E)、(F) に示す形態は、図 7 (E)、(F) に示した形態に対応する構成を有している。すなわち、湾曲前に基材の長手方向 X-X' に対し 45 度の角度をもって配置された、例えば樹脂のプレートからなる各小片 45 が、例えば無負荷の状態では真直な金属の板バネ 46 で接続された可撓性部材 44a、44b、44c が示されている。

[0044] また本発明では、上述したような、強化繊維ストランド同士をそれらと交差する方向に延びる補助系で繋いだ一方向基材で、強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し 30 度以上 90 度以下の角度をもって配置した基材を用いる場合、湾曲前の状態で、強化繊維ストランド間の隙間が以下の式を満たすように、補助系に余裕を与えておき、湾曲化に際し、円弧形状の内半径側を収縮させることにより、強化繊維ストランド間隔を縮めるようにするのが好ましい。このようにすれば、補助系が湾曲化の際に引っ張りを受けて突っ張り、強化繊維基材の変形を阻害したり、強化繊維ストランド間の隙間が足りないために、円弧の内半径側で強化繊維ストランド同士がぶつかって収縮変形が進まなくなったりする問題を回避することができ、より均等な強化繊維ストランド分布を達成することができるし、後述のように、補助系を切断するような前処理が不要となる。

$$d/W_1 \geq W_2/r_1$$

ここで、各記号の意味は、図 6 (A) に示すように、以下の通りである。

W1：強化繊維ストランドの幅

d : 強化繊維ストランド間の隙間

r₁ : 円弧形状の内半径

W₂ : 一方向強化繊維基材の幅

[0045] なお、可撓性部材の材質としては、上記のような湾曲状態への変形、さらには真直状態への復帰が可能な材質であればとくに限定されず、前述のようにゴムやエラストマーのような軟質の材料や、金属や樹脂等の硬質の材料を単体または組み合わせて使用できる。形状としては、板状や角柱状のものを適用できる。全体形状としては、図4や図7に示したような分割小片を有するもの以外、分割されないで全体が一体的に形成され、全体的にも部分的にも伸縮可能に構成された可撓性部材とすることも可能である。

[0046] また、可撓性部材の一方向性強化繊維基材との接触面は、強化繊維基材との摩擦力が高いのが好ましい。具体的には、接触面に低硬度のゴム材や、微小な突起のある材質、例えばサンドペーパーや、金属板へセラミック溶射したものや、表面を機械的に荒らした種々のものを採用することができる。また、このような摩擦係数を上げる手段は、必ずしも接触面の全面にある必要はなく、可撓性部材を構成する小片のうちの何割かに選択的に設けたり、または各小片の中の一部に設けたりしてもよいし、小片の間に、小片の高さよりも若干高い、薄い金網を挟むような方法も、強化繊維基材を効果的に引っ掛け、湾曲化の際の基材のズレを防止できて好ましい。

[0047] また、強化繊維の材質としては、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維等が挙げられるが、特に炭素繊維が最終的に繊維強化樹脂複合材料となった際の機械的な物性が高く好ましく、支持板および／または湾曲化した強化繊維基材を可撓性部材から離反・搬送する手段に静電吸着板を用いる場合は、炭素繊維は導電性があるため静電気力で高い吸着力を得ることができるため、特に炭素繊維が好ましい。

[0048] また、湾曲変形の対象となる一方向強化繊維基材の構成については、上記のように補助系で強化繊維ストランドを結束したもの以外、基材全体にわたって単に強化繊維ストランドが配向されているものであってもよい。また、

補助系を使用している基材に対しては、湾曲変形に際して、部分的にあるいは全体にわたって、補助系を切断しておくことにより、湾曲変形の容易化をはかることも可能である。

[0049] また、本発明においては、前述したように、可撓性部材の初期状態において、変形可能部材としての板バネに各小片が一定の位置関係にて連結されている形態を採用することもできるし、各小片が、変形可能部材に対し、回動自在に連結されている形態を採用することもできる。例えば図10の(A) (各小片が基材の長手方向に対して45度の角度をもつように設定されているもの)や(B) (各小片が基材の長手方向に対して90度の角度をもつように設定されているもの)に示すように、変形可能部材としての例えば金属の板バネ51に対し、各小片52、53がピン54を介して回動自在に連結されている可撓性部材50a、50bの形態を採用することができる。このように各小片52、53を回動自在に連結しておくことにより、可撓性部材50a、50bが湾曲変形される際に、各小片52、53がより容易に望ましい角度へと回動され、それによって一方向強化繊維基材もより容易に湾曲されることになる。

[0050] さらに、本発明においては、各小片が基材の長手方向に対して30度以上90度以下の角度をもつように設定された可撓性部材を所定形状により正確に湾曲させるために、あるいは所定形状に湾曲された形状を必要に応じて維持できるようにするために、可撓性部材が円弧状に撓んだ状態で隣接小片間ピッチを小片長手方向におけるいずれかの位置にて所定の値に規定する小片ピッチ規定手段を有する形態を採用することができる。例えば図11に、各小片56が基材の長手方向に対して90度の角度をもつように、変形可能部材としての例えば金属の板バネ57に接続された可撓性部材55を例示する。図11(A)に示すように、各小片56の先端に、凹部58a (例えば、V字状の切り欠き状凹部)を設けておき、この可撓性部材55を湾曲させる際に、図11(B)に示すように、所定のピッチにて配設され、上記凹部58aに嵌合可能な凸部58bを有する小片ピッチ規定手段59に対し、例え

ば突き当て動作等により、各凸部 58b とそれに対応する凹部 58a とを互いに嵌合させる。各凸部 58b は、予め定められた所定のピッチで配置されているので、凹部 58a を有する各小片 56 の先端部は、所望のピッチに揃えられることになる。同時に、小片ピッチ規定手段 59 の凸部 58b を有する先端面が予め定められた所定の湾曲形状に設定されていることにより、可撓性部材 55 の湾曲形状も所望の形状に規制されることになる。つまり、可撓性部材 55 の湾曲形状と、各小片 56 の先端部のピッチが同時に望ましい形態とされる。なお、図 11 には、小片ピッチ規定手段 59 を各小片 56 の先端部に対して設けた例を示したが、各小片 56 の先端部以外の部位に対して設けることも可能である。また、このような小片ピッチ規定手段を備えた形態は、各小片が基材の長手方向に対して 90 度の角度をもつように設定されたもの以外に対しても、適用することができる。

[0051] 上記のように帯状の湾曲一方向強化繊維基材が複数枚積層された、板状の強化繊維積層体は、前述の可撓性部材により変形された強化繊維基材を、可撓性部材から離反、搬送し、積層台の上に載置する作業をくり返すことにより、形成される。この強化繊維基材の離反、搬送の作業は、前述の支持板の動作により効率的に行われる。実際には、このような強化繊維積層体が、目標とする繊維強化複合材料への成形のための素材として用いられる。

[0052] 上記のような強化繊維積層体を用いて、所定形態のプリフォームが賦形される。プリフォームの形状としては、上記のような湾曲形状を利用した任意の形状を採り得るが、航空機の胴体構成材のような長尺で高強度、高剛性が求められる場合には、横断面形状としてフランジ部を備えたものに賦形されることが多い。

[0053] 例えば図 12 に示すように、上記のような強化繊維積層体 60 を用いて、曲率半径 R で湾曲してその周方向 64（長手方向）に延びるプリフォーム 61 が、同方向において円弧状部を有する立体形状の型（図示略）に沿わせて賦形される。ただし、賦形の方法自体や、賦形に使用する型に関しては、任意の適当な方法や型を用いることが可能である。このようなプリフォーム 6

1においては、上述したように作製された湾曲形状強化繊維積層体50が、該積層体60の長手方向と直交する積層体幅方向の断面で見ても、湾曲形状の周縁に沿って（つまり、曲率半径Rの湾曲形状の周方向64に沿って）折れ曲げ形成されたフランジ部62a、62bを有する形状に賦形されている。両フランジ部62a、62bは同方向に折り曲げ形成されており、プリフォーム61はC形の横断面形状を有している。フランジ部62a、62bのウェブ部63に対する屈曲角としては、90度以外であってもよく、ウェブ部63に対するフランジ部62a、62bの屈曲角が互いに異なってもよい。また、フランジ部62a、62bのサイズについても、同一でも互いに異なってもよい。このプリフォーム61は、所定の長尺湾曲形状を有する繊維強化複合材料成形のための中間形成体としてのドライのプリフォームである。

[0054] 図13に示すプリフォーム71においては、前述したように作製された湾曲形状強化繊維積層体60に対し、曲率半径Rの湾曲形状の周方向54に沿って折れ曲げ形成されたフランジ部72a、72bを有する形状に賦形されている。本例では、両フランジ部72a、72bはウェブ部73に対して互いに反対方向に折り曲げ形成されており、プリフォーム71はZ形の横断面形状を有している。図12、図13に示した横断面形状以外にも、例えばL形やH形、I形、T形等の横断面形状への賦形も可能である。

[0055] 図14に示すプリフォーム81においては、前述したように作製された湾曲形状強化繊維積層体60に対し、曲率半径Rの湾曲形状の周方向64に沿って折れ曲げ形成されたフランジ部82a、82bを有する形状に賦形されている。本例では、両フランジ部82a、82bはウェブ部84に対して互いに反対方向に折り曲げ形成され、プリフォーム81はZ形の横断面形状を有している。そして本例では、両フランジ部82a、82bのうち、湾曲形状の曲率半径が大きい側の湾曲形状の周縁に沿って折れ曲がったフランジ部82bが、積層体60の長手方向に複数のフランジ状部82b'に分割されており、隣接する分割フランジ状部82b'間に空間83が形成されている。

。空間 8 3 は、図示の如く、適当な長さ分、ウェブ部 8 4 まで延びていることが好ましい。このように曲率半径が大きい側のフランジ部 8 2 b を分割フランジ状部 8 2 b' と間に空間 8 3 を有する形状に形成することにより、折り曲げの際に応力が残留したり皺が発生することを防止可能となる。

[0056] 上記のように所定断面形状に賦形されたドライのプリフォームを用いて、該プリフォームにマトリックス樹脂を含浸し、含浸した樹脂を硬化させることにより所望形状の繊維強化樹脂複合材料が成形される。この場合、プリフォームのフランジ状部を賦形した状態で、所定時間加熱してプリフォームの賦形状態を固め、しかる後に樹脂を含浸することもできる。加熱によりプリフォームの賦形状態を固めておくことにより、樹脂含浸時にもその形態が崩れることが防止される。湾曲形状繊維強化樹脂複合材料の成形は、例えば、RTM成形方法（Resin Transfer Molding）によって行うことができ、マトリックス樹脂（例えば、エポキシ樹脂等の熱硬化性樹脂）がプリフォームに含浸され、含浸された樹脂が所定温度に加熱されて硬化され、所望形状の繊維強化樹脂複合材料が製造される。

[0057] 湾曲形状の繊維強化樹脂複合材料の製造方法自体には、各種の方法を採用できる。例えば、バッグ材を用いる方法や両面型を用いる方法等を採用できる。図 1 5 は、バッグ材を用いる方法（いわゆる、真空アシスト RTM 成形方法）の一例を示している。所定横断面形状に賦形されたプリフォーム 9 1 が成形型 9 2 上に配置され、プリフォーム 9 1 がシート状のバッグ材 9 3 で覆われて内部が密閉される。密閉された内部は、吸引により減圧され、減圧された内部にマトリックス樹脂が注入され、注入された樹脂がプリフォーム 9 1 に含浸される。含浸された樹脂は、例えば加熱により硬化される。このような成形方法では、下型としての成形型 8 2 さえ高精度に製作されていれば、バッグ材 9 3 としては所定の面積を有するものを使用すればよいので、極めて簡単に大型の湾曲形状繊維強化樹脂複合材料を成形できる。

[0058] また、図 1 5 に示す成形方法においては、前述の如く所定横断面形状に賦形されたプリフォーム 1 0 1 が、下型 1 0 2 と上型 1 0 3 の両面型からなる

成形型 104 内に配置され、該成形型 104 内にマトリックス樹脂が注入され（減圧による吸引注入、加圧注入のいずれでもよい）、注入された樹脂がプリフォームに含浸され、含浸された樹脂が例えば加熱により硬化される。このような成形方法では、成形される繊維強化樹脂複合材料の形状が両面から規定されるので、より高精度で湾曲形状繊維強化樹脂複合材料を成形することが可能である。

[0059] これまで、一方向強化繊維基材はドライな強化繊維ストランドを並行に配置したものを前提として説明を進めてきたが、本発明に係る技術はこれに限定されるものでなく、強化繊維ストランドにエポキシ等の熱硬化性樹脂やナイロン等の熱可塑性樹脂を含浸した、いわゆるプリプレグを用いてもよいし、強化繊維ストランドの表面のみに樹脂が付着した、いわゆるセミプレグを用いてもよい。この場合、一方向性強化繊維基材は、強化繊維が繊維に交差する方向に樹脂の結合力により連続した平坦な強化繊維シート材に、強化繊維と平行方向に切り目を入れ、個別の強化繊維ストランドを形成したものとするのが良い。具体的には、図 17（A）に示すように、帯状の長手方向に平行に強化繊維を配置した強化繊維シート 111 に、やはり強化繊維に平行に、点線で示した連続的な切り目 113 を入れたものや、図 17（B）に示すように、帯状の長手方向に直交する方向に強化繊維を配置した強化繊維シート 112 に、やはり強化繊維に平行に、点線で示した連続的な切れ目 113 を入れたものを用いることが好ましい。切れ目 113 があることで強化繊維が各ストランドに分かれ、これまで説明したドライな強化繊維ストランドからなる一方向強化繊維基材を用いた場合と同様、湾曲形状に変形を受けた際、各ストランド単位で個別に移動することができ、望ましい湾曲基材の強化繊維ストランドの配向形態が得られることとなる。

[0060] また同様に、円弧状部を有する強化繊維積層体や、これを型に沿わせて賦形されてなるプリフォームについても、元となる材料をドライな強化繊維基材に限定するものではなく、プリプレグやセミプレグを用いても本発明に係る技術の優位性を発揮することができる。

産業上の利用可能性

[0061] 本発明は、とくに大型、長尺の湾曲形状繊維強化樹脂複合材料の成形、その成形に供するプリフォームの賦形、そのプリフォームの賦形に供する強化繊維積層体、その積層体の作製に供する強化繊維基材に好適なものであり、例えば、航空機の円形の胴体の補強材の成形に適用して好適なものである。

符号の説明

- [0062] 1 強化繊維ストランド
- 2 一方向強化繊維基材
- 3 補助系
- 1 1 帯状強化繊維基材の製造装置
- 1 2 可撓性部材
- 1 2 a 接触面
- 1 3 a、1 3 b 真直化手段
- 1 4 a、1 4 b 円弧化手段
- 1 5 支持板
- 1 5 a 支持板の接触面
- 2 1 小片
- 3 1、3 1 a、3 5、3 5 a 強化繊維ストランド
- 3 2、3 2 a、3 2 b、3 7 a、3 7 b、3 7 c 一方向強化繊維基材
- 3 3、3 6 補助系
- 3 4、3 8 切れ目
- 4 1、4 1 a、4 1 b 可撓性部材
- 4 2、4 5、5 2、5 6 小片
- 4 3、4 6、5 1、5 7 金属の板バネ
- 4 4 a、4 4 b、4 4 c、5 0 a、5 0 b、5 5 可撓性部材
- 5 8 a 凹部
- 5 8 b 凸部
- 5 9 小片ピッチ規定手段

6 0 一方向強化繊維基材

6 1、7 1、8 1 プリフォーム

6 2 a、6 2 b、7 2 a、7 2 b、8 2 a、8 2 b フランジ部

6 3、7 3、8 4 ウェブ部

8 2 a' 分割フランジ状部

8 3 空間

9 1、1 0 1 プリフォーム

9 2 成形型

9 3 バッグ材

1 0 2 下型

1 0 3 上型

1 0 4 両面型からなる成形型

1 1 1、1 1 2 強化繊維シート

1 1 3 切れ目

請求の範囲

- [請求項1] 複数の強化繊維ストランドを一方向に並行に配置した帯状の一方向強化繊維基材の一面を、可撓性部材に接触させ、該可撓性部材の少なくとも一部を、前記一方向強化繊維基材との接触面に沿う方向に円弧状に変形させることにより、接触している前記一方向強化繊維基材を円弧状に変形させ、しかる後に前記可撓性部材を変形された一方向強化繊維基材から離反させることを特徴とする、円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。
- [請求項2] 前記可撓性部材として、互いの相対位置を変化可能な複数の細長い小片を隣接配置した部材を用い、前記小片の長手方向と前記強化繊維ストランドの延在方向を一致させて前記一方向強化繊維基材の一面を前記可撓性部材に接触させる、請求項1に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。
- [請求項3] 前記一方向強化繊維基材を円弧状に変形させた状態で基材を加熱し、しかる後に該基材を冷却することにより、該基材の円弧状の形状を固定する、請求項1または2に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。
- [請求項4] 強化繊維ストランドを基材の長手方向に対し30度以上90度以下の角度をもって配置した一方向強化繊維基材を用い、前記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、円弧形状の内半径側を周方向に収縮および／または外半径側を周方向に伸長させることにより、隣接強化繊維ストランド間の間隔を強化繊維ストランドの長手方向における少なくとも一部位にて変化させる、請求項1～3のいずれかに記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。
- [請求項5] 強化繊維ストランド同士をそれらと交差する方向に延びる補助糸で繋いだ一方向強化繊維基材で、強化繊維ストランド間の隙間が以下の式を満たす基材を用い、前記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、円弧形状の内半径側を周方向に収縮させることにより、強化繊維ス

トランドの間隔を縮める、請求項 4 に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。

$$d/W1 \geq W2/r1$$

W1 : 強化繊維ストランドの幅

d : 強化繊維ストランド間の隙間

r1 : 円弧形状の内半径

W2 : 一方向強化繊維基材の幅

[請求項6] 強化繊維ストランドを基材の長手方向に並行に配置した一方向強化繊維基材を用い、前記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、該可撓性部材を、強化繊維ストランド同士が長手方向に相対的に平行移動するように変形させる、請求項 1 ～ 3 のいずれかに記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。

[請求項7] 前記可撓性部材を円弧状に変形させるに際し、前記一方向強化繊維基材を間に前記可撓性部材とは反対側に平坦面を有する支持板を配置し、前記可撓性部材と前記支持板で一方向強化繊維基材を挟み込む、請求項 1 ～ 6 のいずれかに記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。

[請求項8] 前記支持板として、静電気力により物体を吸着可能な静電吸着板を用いる、請求項 7 に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造方法。

[請求項9] 請求項 1 ～ 8 のいずれかに記載の方法により得られた、強化繊維ストランドの方向が互いに異なる複数種の、円弧状部を有する帯状強化繊維基材が、複数枚積層されていることを特徴とする、円弧状部を有する強化繊維積層体。

[請求項10] 請求項 9 に記載の強化繊維積層体が、長手方向において円弧状部を有する立体形状の型に沿わせて賦形されてなるプリフォーム。

[請求項11] 請求項 10 に記載のプリフォームにマトリックス樹脂が含浸され、含浸されたマトリックス樹脂が硬化されて製造された繊維強化樹脂複

合材料。

[請求項12] 複数の強化繊維ストランドが一方向に並行に配置された帯状の一方強化繊維基材の少なくとも一部を円弧状に変形させる装置であって、前記一方強化繊維基材との平坦な接触面を有し、該接触面が、長手方向に真直な状態から該接触面に沿う方向に円弧状に撓むことが可能な可撓性部材と、該可撓性部材を長手方向に真直な状態にする真直化手段と、前記可撓性部材を前記円弧状の状態にする円弧化手段とを有することを特徴とする、円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

[請求項13] 前記可撓性部材が、互いの相対位置を変化可能な複数の細長い小片を隣接配置した部材からなる、請求項12に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

[請求項14] 前記可撓性部材の接触面が、該接触面の長手方向と交差する方向に延びる細長い小片を該接触面の長手方向に沿って複数並設することによって形成されており、各小片の長手方向が前記接触面の長手方向に対し30度以上90度以下の角度をもつように設定されているとともに、各小片が相対回動可能に、または、相対回動可能でかつ小片の長手方向に相対移動可能に設けられている、請求項13に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

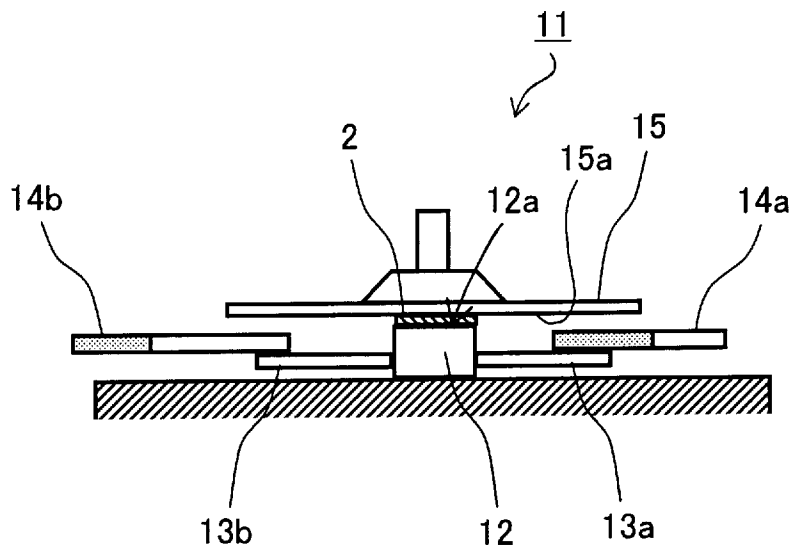
[請求項15] 前記可撓性部材が、円弧状に撓んだ形状から真直形状まで復元可能な変形可能部材と、それに連結された前記小片とからなる、請求項14に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

[請求項16] 前記小片が、前記変形可能部材に対し、一定の位置関係にて連結されている、請求項15に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

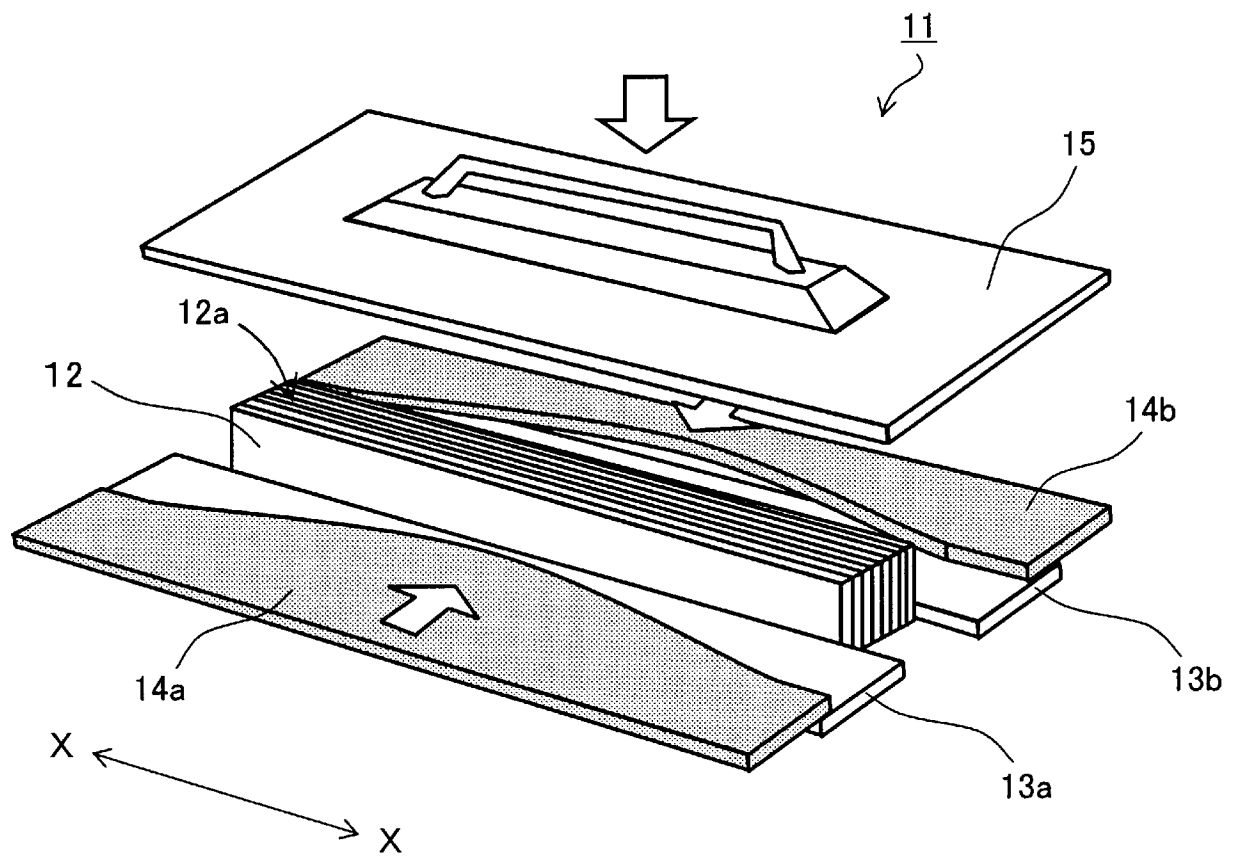
[請求項17] 前記小片が、前記変形可能部材に対し、回動自在に連結されている、請求項15に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

- [請求項18] 前記可撓性部材が円弧状に撓んだ状態で隣接小片間ピッチを小片長手方向におけるいずれかの位置にて所定の値に規定する小片ピッチ規定手段を有する、請求項14～17のいずれかに記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。
- [請求項19] 前記可撓性部材の接触面が、該接触面の長手方向に沿う方向に延びる細長い小片を該接触面の長手方向と交差する方向に沿って複数並設することによって形成されており、各小片は、前記接触面に沿う方向に円弧状に変形可能に構成されており、かつ、円弧状に変形する際に隣接する小片同士が長手方向に相対的に平行移動可能に設けられている、請求項13に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。
- [請求項20] 前記一方向強化繊維基材を間に前記可撓性部材とは反対側に配置され、前記可撓性部材の平坦な接触面が長手方向に真直な状態から円弧状に撓んだ状態になる間、常に前記一方向強化繊維基材に接触可能な平坦な接触面を備えた支持板を有する、請求項12～19のいずれかに記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。
- [請求項21] 前記支持板が、静電気力により物体を吸着可能な静電吸着板からなる、請求項21に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。
- [請求項22] 前記支持板が、前記可撓性部材の接触面に対し垂直な方向に接近、退避する方向、および、該接触面に対し平行な方向に移動可能に設けられている、請求項20または21に記載の円弧状部を有する帯状強化繊維基材の製造装置。

[図1]

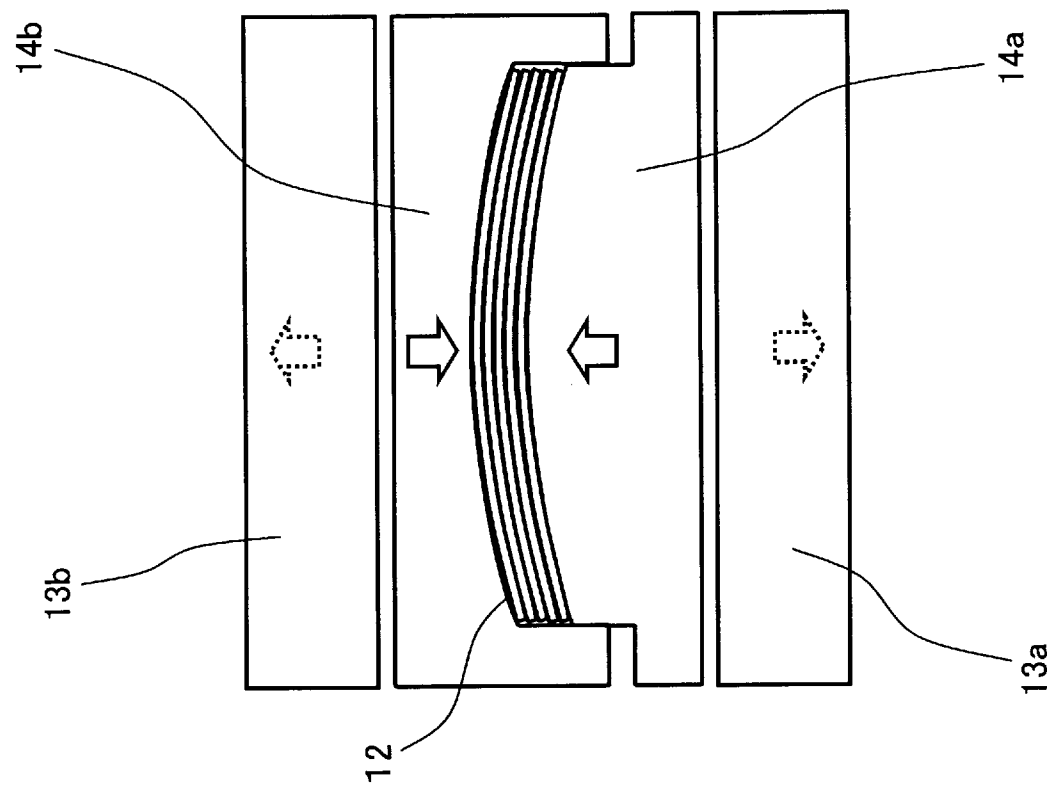


[図2]

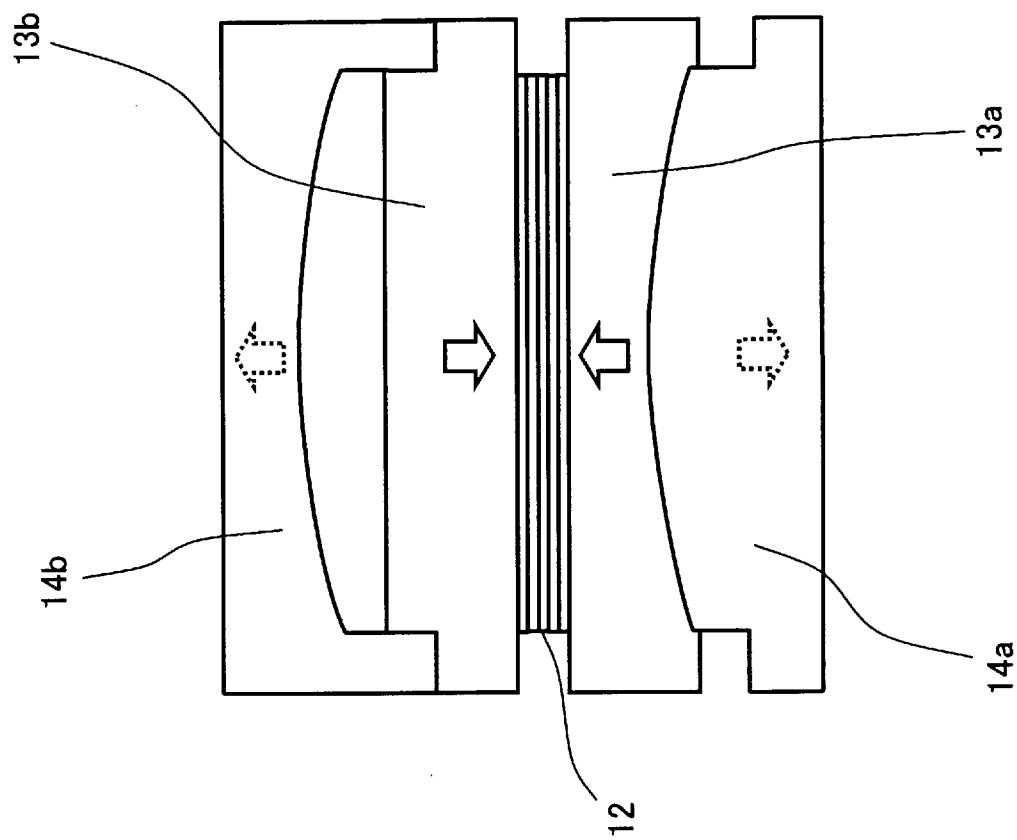


[図3]

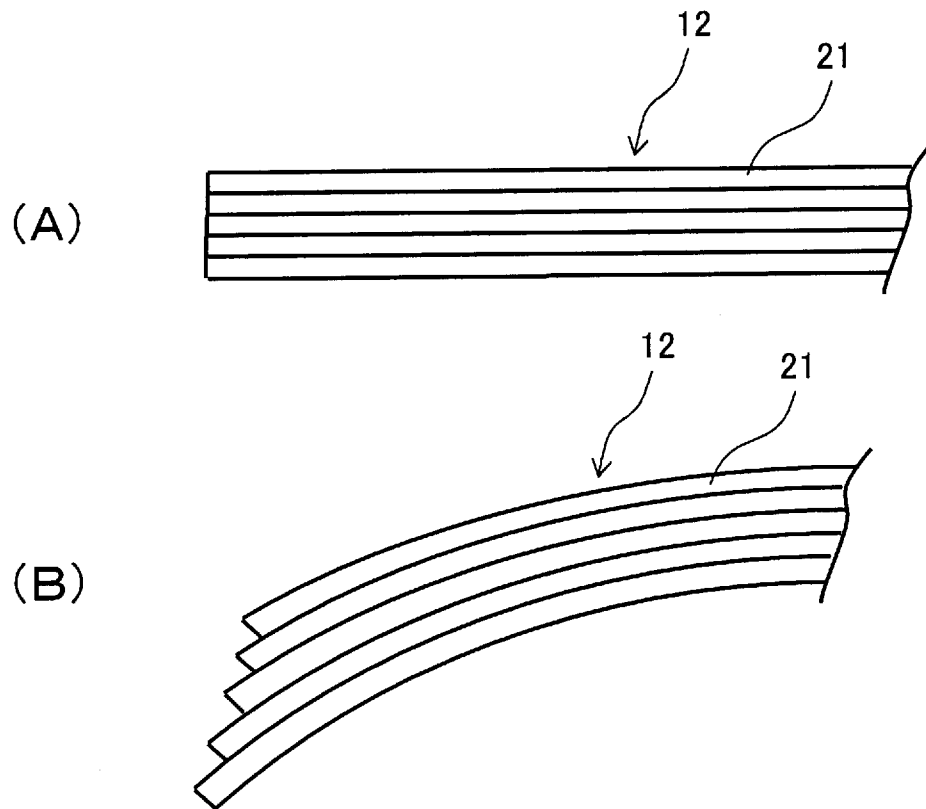
(B)



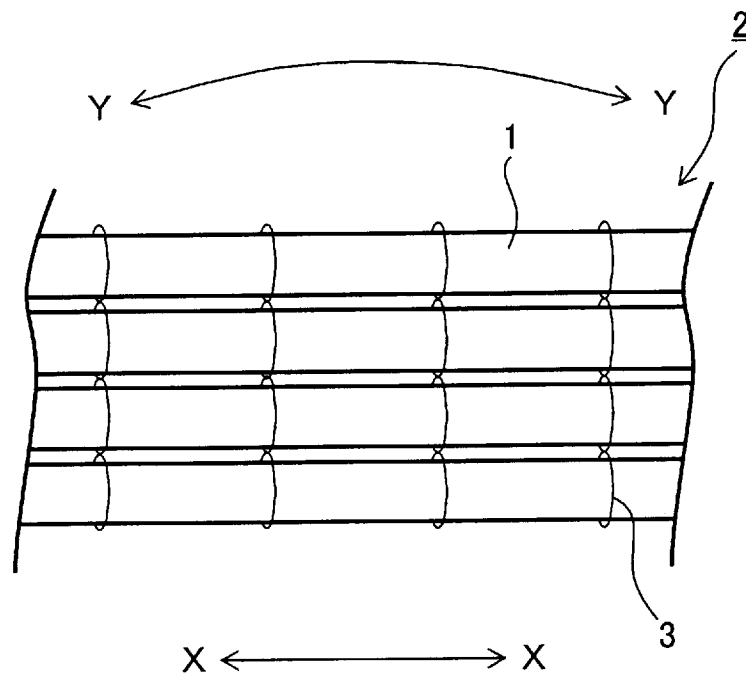
(A)



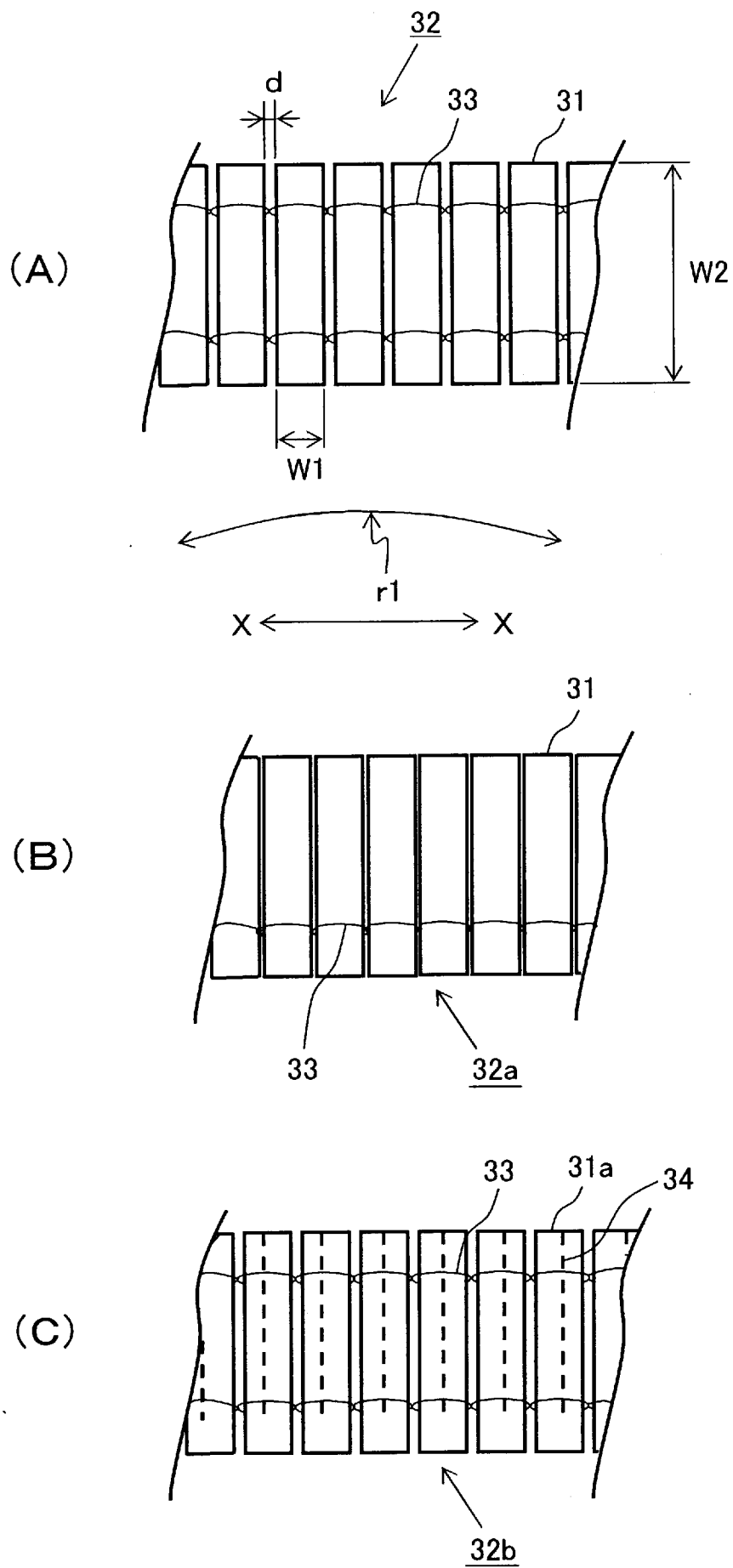
[図4]



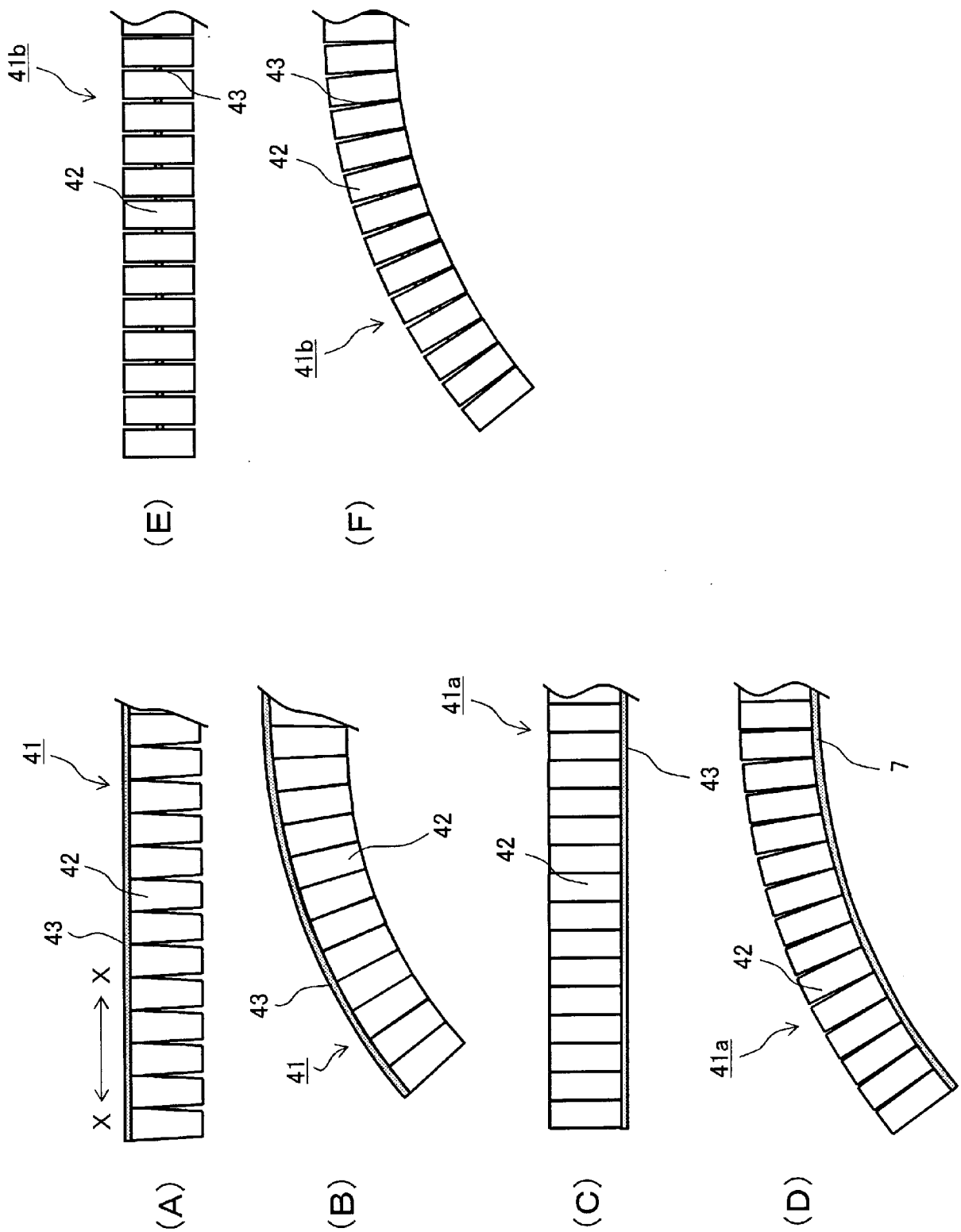
[図5]



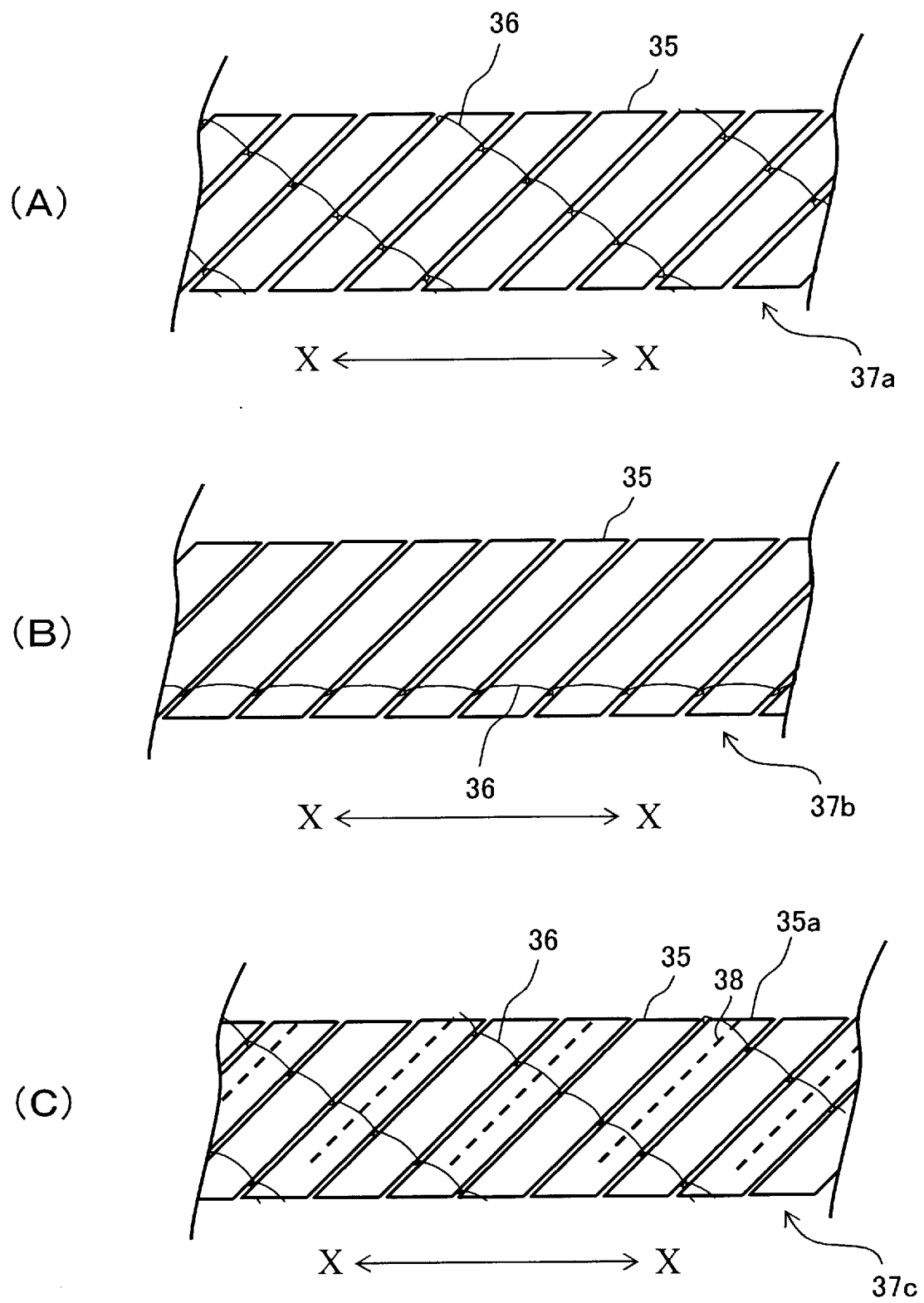
[図6]



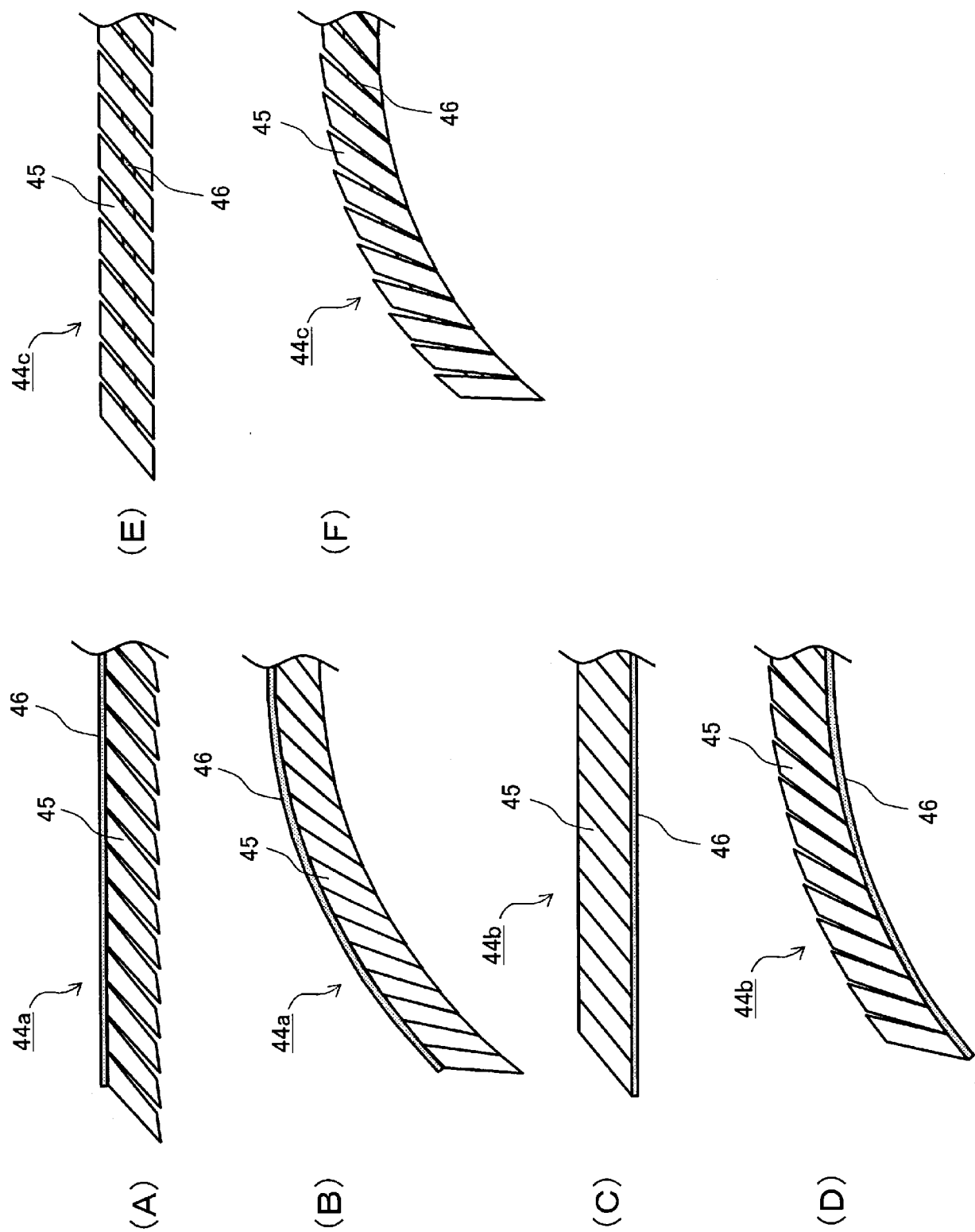
[図7]



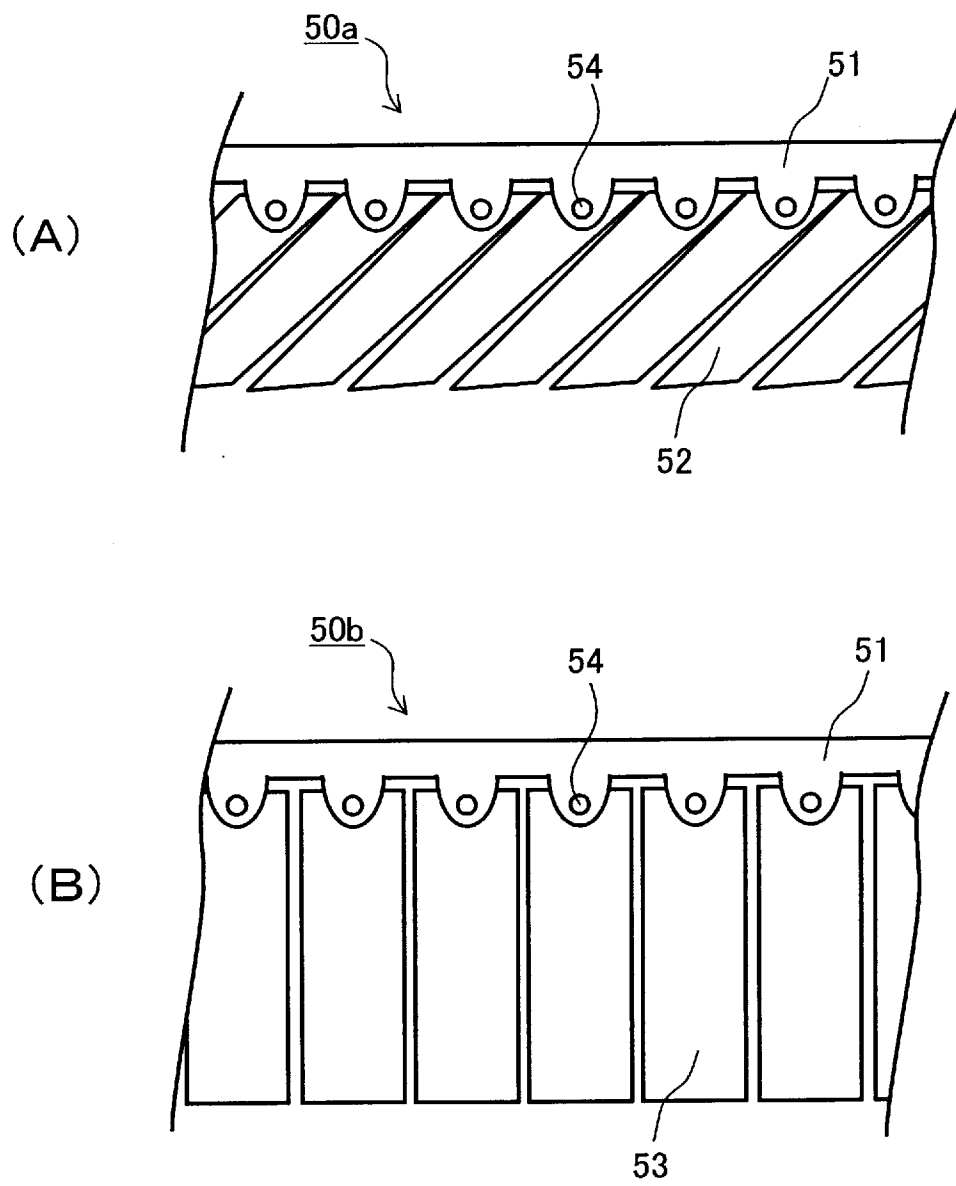
[図8]



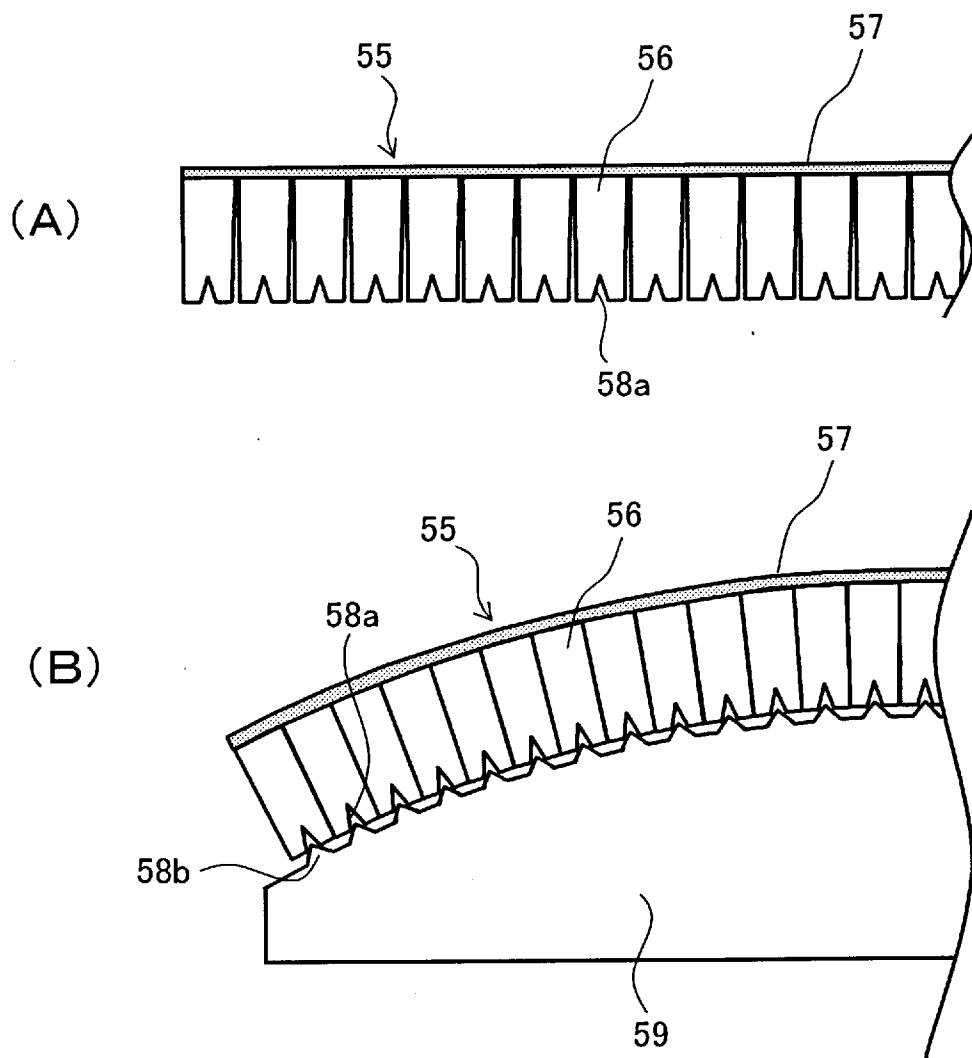
[図9]



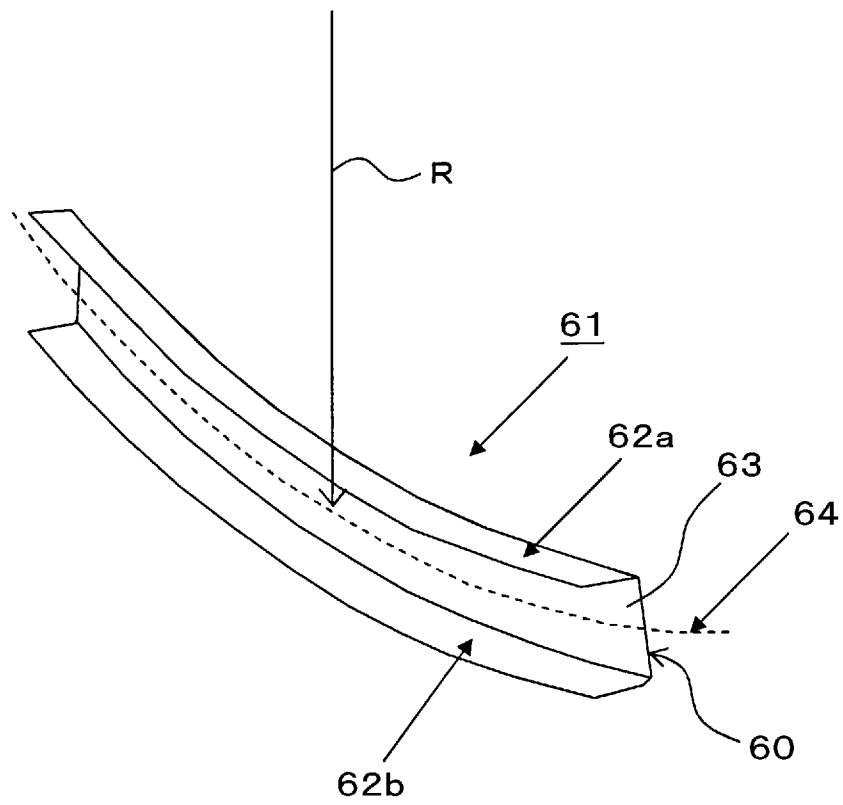
[図10]



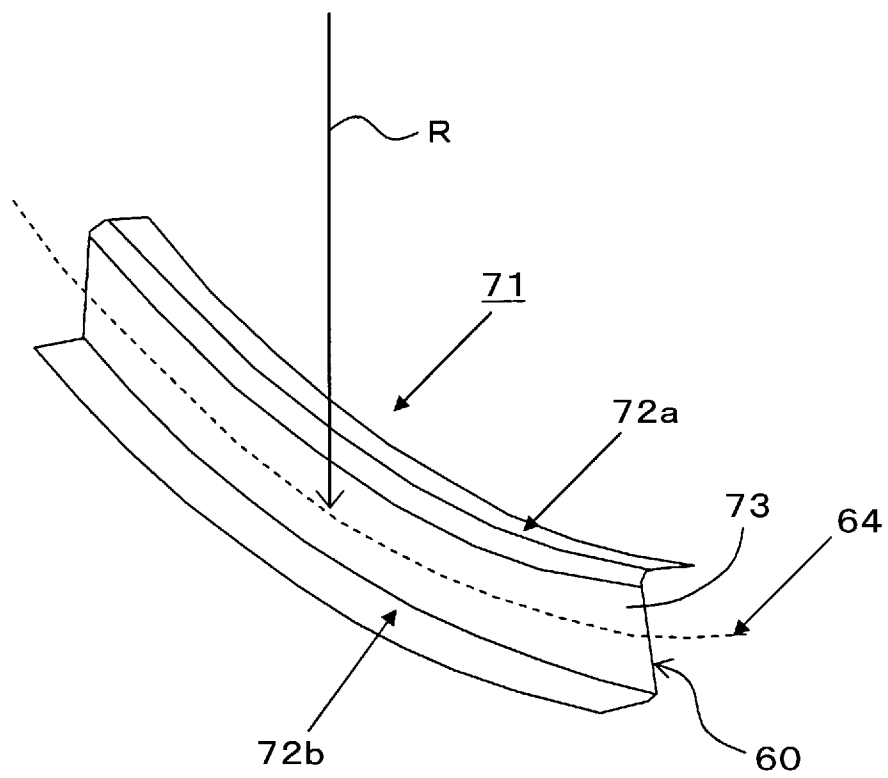
[図11]



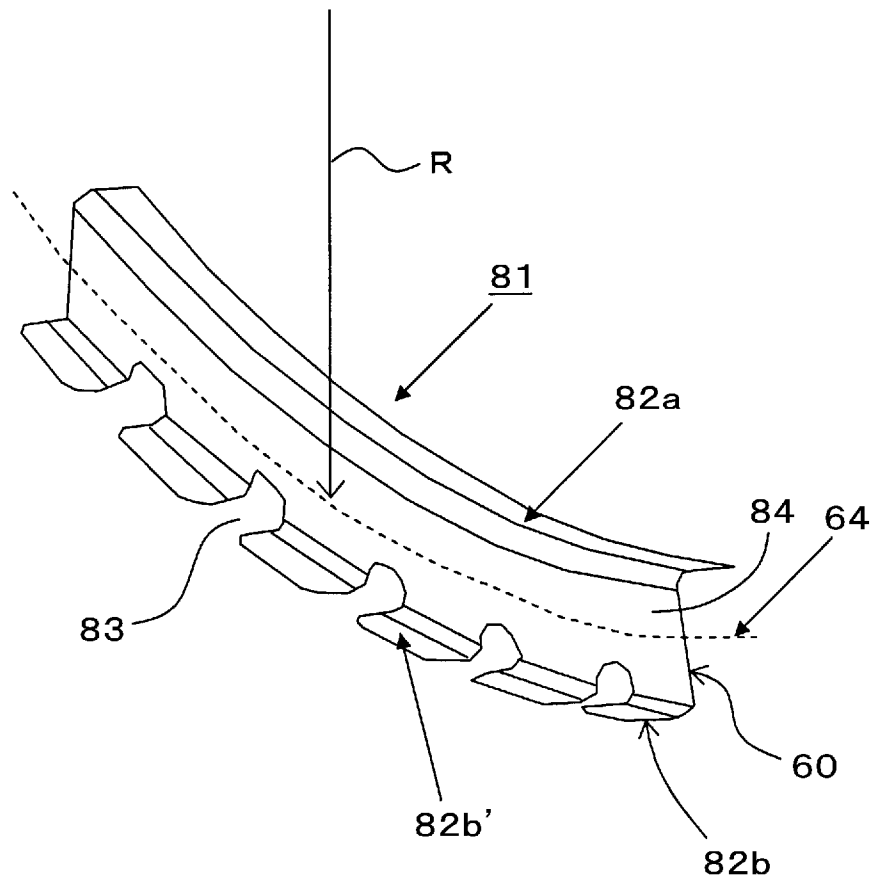
[図12]



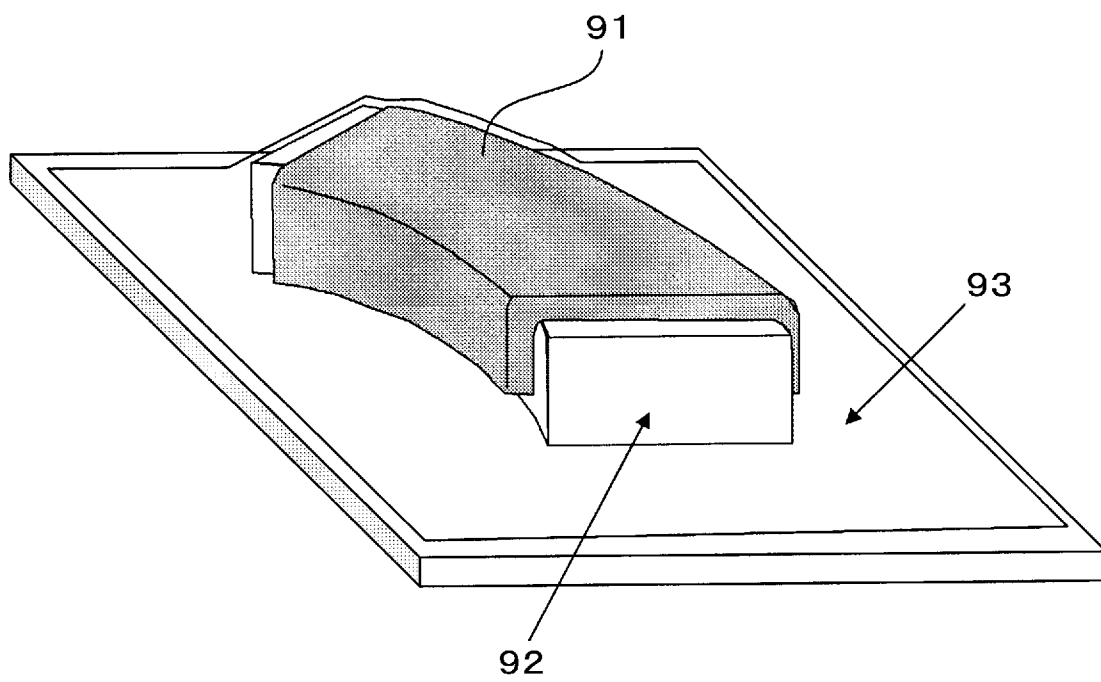
[図13]



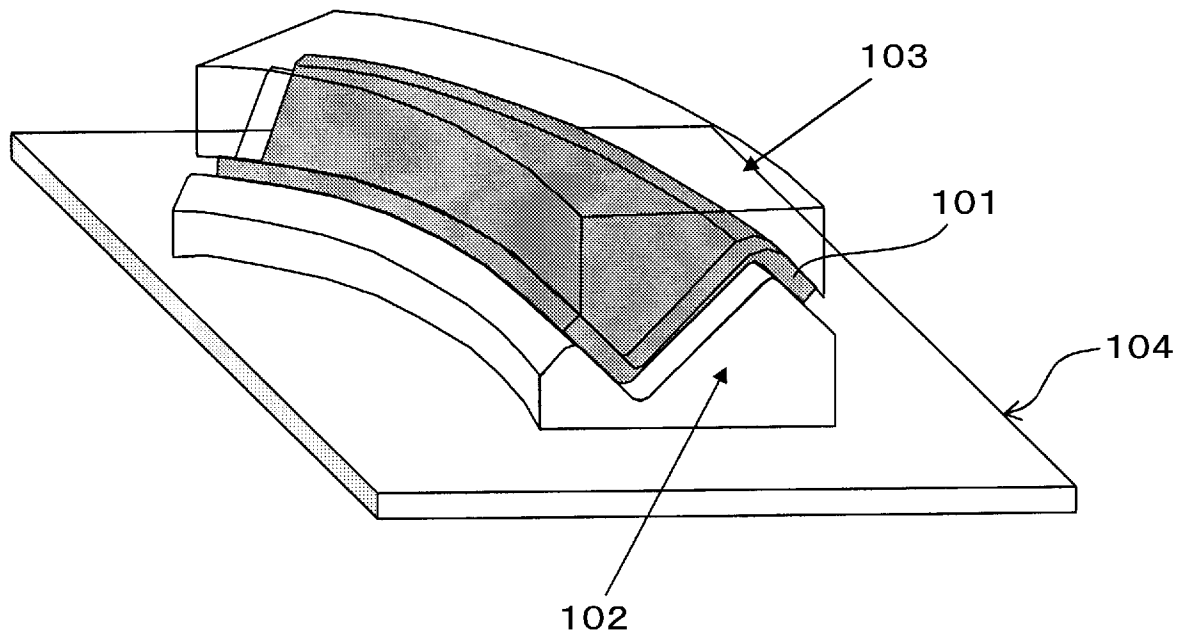
[図14]



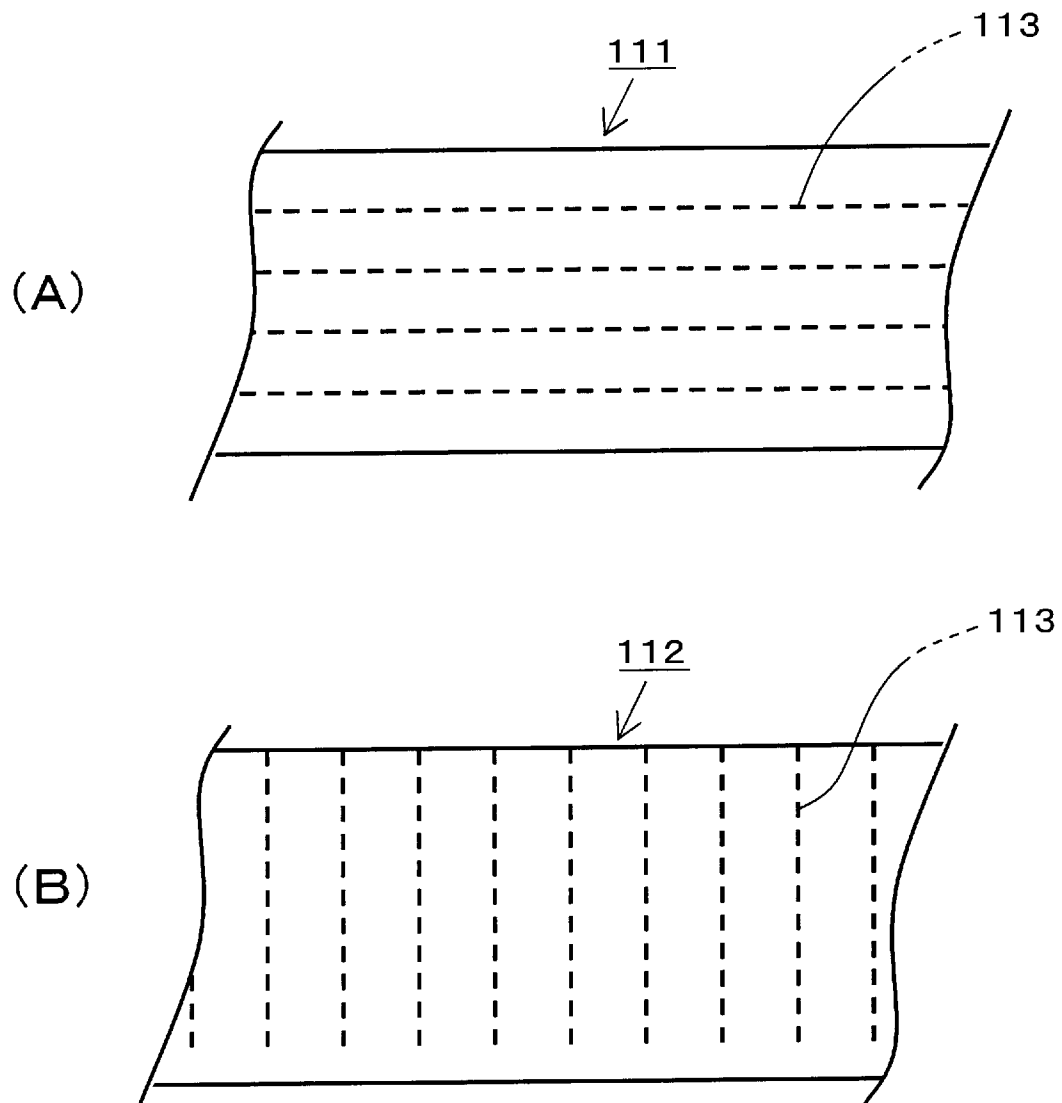
[図15]



[図16]



[図17]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051248

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

D04H3/04(2006.01)i, B32B5/00(2006.01)i, C08J5/06(2006.01)i

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)

D04H1/00-18/00, B32B1/00-43/00, C08J5/06, B29B11/14, B29B11/16, B29C70/06

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 1996-2010

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

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

WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2004-218133 A (Shikibo Ltd.), 05 August 2004 (05.08.2004), entire text & US 2004/0134593 A1 & FR 2849870 A	1-22
A	WO 2004/016844 A1 (Shikibo Ltd.), 26 February 2004 (26.02.2004), entire text & US 2005/0042410 A1 & EP 1529865 A1	1-22
A	JP 06-198645 A (Sumitomo Rubber Industries, Ltd.), 19 July 1994 (19.07.1994), entire text (Family: none)	1-22



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

22 February, 2010 (22.02.10)

Date of mailing of the international search report

09 March, 2010 (09.03.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/051248

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 07-195597 A (Tonen Corp.), 01 August 1995 (01.08.1995), entire text (Family: none)	1-22
A	JP 2004-175116 A (The Boeing Co.), 24 June 2004 (24.06.2004), entire text & US 2004/0098852 A1 & US 2006/0042066 A1 & US 2006/0162143 A1 & EP 1422048 A2	1-22

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. D04H3/04(2006.01)i, B32B5/00(2006.01)i, C08J5/06(2006.01)i

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 (I P C))

Int.Cl. D04H1/00-18/00, B32B1/00-43/00, C08J5/06, B29B11/14, B29B11/16, B29C70/06

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 0 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 0 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 0 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)

WPI

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 2004-218133 A (シキボウ株式会社) 2004.08.05, 全文 & US 2004/0134593 A1 & FR 2849870 A	1-22
A	WO 2004/016844 A1 (シキボウ株式会社) 2004.02.26, 全文 & US 2005/0042410 A1 & EP 1529865 A1	1-22
A	JP 06-198645 A (住友ゴム工業株式会社) 1994.07.19, 全文 (ファミリーなし)	1-22

☒ 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。

* 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

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

国際調査を完了した日

2 2 . 0 2 . 2 0 1 0

国際調査報告の発送日

0 9 . 0 3 . 2 0 1 0

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

相田 元

4 S

3 6 4 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 7 4

C (続き) . 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 07-195597 A (東燃株式会社) 1995.08.01, 全文 (ファミリーなし)	1-22
A	JP 2004-175116 A (ザ・ボーイング・カンパニー) 2004.06.24, 全文 & US 2004/0098852 A1 & US 2006/0042066 A1 & US 2006/0162143 A1 & EP 1422048 A2	1-22