

(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
2016 年 1 月 21 日(21.01.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/010017 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 15/02 (2006.01) *B62D 29/04* (2006.01)
B62D 21/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/070100
- (22) 国際出願日: 2015 年 7 月 14 日(14.07.2015)
- (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 2014-144394 2014 年 7 月 14 日(14.07.2014) JP
- (71) 出願人: 新日鐵住金株式会社(NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 古賀 敦雄(KOGA, Atsuo); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP). 田所 健一郎(TADOKORO, Kenichiro); 〒1008071 東京都千代田区丸の内二丁目 6 番 1 号 新日鐵住金株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 亀谷 美明, 外(KAMEYA, Yoshiaki et al.); 〒1600004 東京都新宿区四谷 3-1-3 第一

富澤ビル はづき国際特許事務所 四谷オフィス Tokyo (JP).

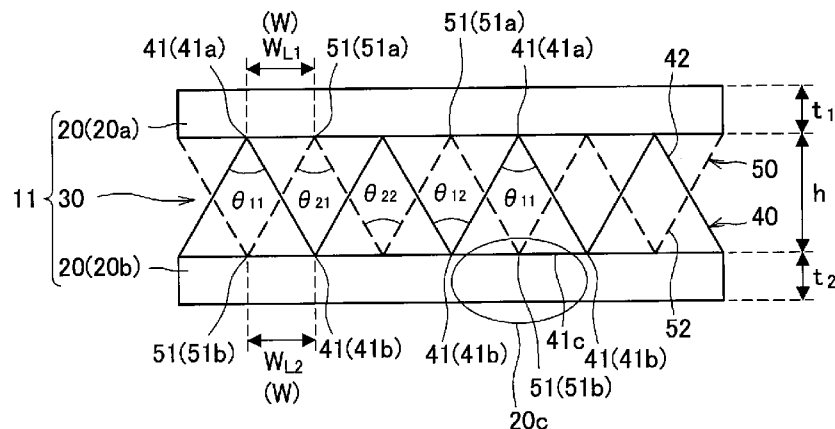
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, 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, KM, 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: LAMINATED METAL PLATE

(54) 発明の名称: 積層金属板



(57) Abstract: [Problem] To provide a novel and enhanced laminated metal plate with which it is possible to improve the strength of folded sections, mouldability, and appearance. [Solution] Provided, in order to solve the abovementioned problem, is a laminated metal plate according to an aspect of the present invention, said laminated metal plate being characterised by: being equipped with a core layer that is equipped with a first truss structure and a second truss structure which constitute a truss comprising a frame and arranged in a matrix form, being further equipped with a first metal plate provided on one surface of the core layer and joined at least to the vertices of the first truss structure, and being further equipped with a second metal plate provided on the other surface of the core layer and joined at least to the vertices of the second truss structure; the first truss structure being joined to the second truss structure and/or the second metal plate; and the second truss structure being joined to the first truss structure and/or the first metal plate.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2016/010017 A1



【課題】折り曲げ部の強度、成形性、及び外観を向上することが可能な、新規かつ改良された積層金属板を提供する。【解決手段】上記課題を解決するために、本発明のある観点によれば、フレームで構成されるトラスがマトリックス状に配置された第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体を備えるコア層と、コア層の一方の表面に設けられ、少なくとも第1のトラス構造体の頂点に接合される第1の金属板と、コア層の他方の表面に設けられ、少なくとも第2のトラス構造体の頂点に接合される第2の金属板と、を備え、第1のトラス構造体は、第2のトラス構造体及び第2の金属板のうち少なくとも一方に接合され、第2のトラス構造体は、第1のトラス構造体及び第1の金属板のうち少なくとも一方に接合されることを特徴とする、積層金属板が提供される。

明 細 書

発明の名称： 積層金属板

技術分野

[0001] 本発明は、積層金属板に関する。

背景技術

[0002] 自動車部材、家電の筐体、OA機器部品等の様々な用途において、軽量で、剛性及び強度が高く、かつ、加工性に優れる鋼板が広く求められている。さらに、近年、地球温暖化対策として、CO₂の排出量が厳しく規制されており、特に、輸送体（例えば、自動車、トラック、バス、車両など）の用途においては、CO₂の排出量を削減するために、軽量化のニーズが特に高いだけでなく、剛性、耐衝撃性（衝突安全性）、及び加工性も高い水準で要求される。このような要求に対する解決策として、例えば特許文献1～3に開示されるように、トラス構造体を金属板で挟んだ積層金属板が提案されている。当該積層金属板は、輸送体の平面および曲面を構成するパネルとして利用できる。トラス構造体は、金属フレームで構成されるトラス（錐体）がマトリックス状に配置されたものであり、力学的に有利な構造骨組である。

[0003] 具体的には、特許文献1に開示された技術では、四角形または六角形の格子が形成された格子体を格子の対角線にそって順次山折り及び谷折りすることで、トラス構造体を作製する。そして、このトラス構造体の両面を金属板で挟むことで積層金属板を作製する。

[0004] 特許文献2に開示された技術では、金属線材を用いてトラス構造体を作製し、このトラス構造体の両面を金属板で挟むことで積層金属板を作製する。

[0005] 特許文献3に開示された技術では、格子状に配置された複数の直線材と、直線材同士の交点に配置され、直線材を回転可能に指示する接点とを含む格子体を用いてトラス構造体を作製する。そして、このトラス構造体を金属板で挟むことで、積層金属板を作製する。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2000-120218号公報

特許文献2：特開2013-230593号公報

特許文献3：特開2001-182151号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] これらの積層金属板は、軽量化の要求は満たすものの、いずれも金属板間にトラス構造体が1つしか配置されていなかったため、積層金属板を折り曲げた場合に、当該折り曲げ部分の強度低下、成形不良、及び外観不良が生じうるという問題があった。具体的には、積層金属板を折り曲げると、一方の金属板、すなわち曲げ外側の金属板は引張変形し、他方の金属板、すなわち曲げ内側の金属板は、圧縮変形する。このとき、トラスは引張変形する金属板を補強することができない。トラスの底面側の頂点間には、引張変形部分を補強する部材がないからである。したがって、引張変形部分が大きく伸びる。すなわち、引張変形側の金属板が局所的に大きく変形する。これにともない、トラスの頭頂点の角度が大きくなる。このため、トラスが潰れる。すなわち、積層金属板の折り曲げ部（角部）が潰れる。この結果、折り曲げ部の強度が急激に低下し（強度低下）、ひいては、折り曲げ部が破断する可能性がある（成形不良）。また、折り曲げ部の板厚が他の部分の板厚と異なり、トラスが潰れているので、外観も不良となる（外観不良）。例えば、当該積層金属板を利用し、自動車のフレームのようなコの字型の部材を成形した場合、積層金属板の折り曲げ部が潰れる恐れがある。折り曲げ部が潰れた場合には、フレームコーナー部の外観不良の問題に加え、フレーム自体の強度低下が生じ、耐衝撃性（衝突安全性）を確保できない可能性もある。即ち、特許文献1～3に開示された積層金属板は、剛性、耐衝撃性（衝突安全性）、及び加工性が満足できるものではなかった。

[0008] そこで、本発明は、上記問題に鑑みてなされたものであり、本発明の目的とするところは、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観を向上することが可

能な、新規かつ改良された積層金属板を提供することにある。

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、本発明のある観点によれば、フレームで構成されるトラスがマトリックス状に配置された第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体を備えるコア層と、コア層の一方の表面に設けられ、少なくとも第1のトラス構造体の頂点に接合される第1の金属板と、コア層の他方の表面に設けられ、少なくとも第2のトラス構造体の頂点に接合される第2の金属板と、を備え、第1のトラス構造体は、第2のトラス構造体及び第2の金属板のうち少なくとも一方に接合され、第2のトラス構造体は、第1のトラス構造体及び第1の金属板のうち少なくとも一方に接合されることを特徴とする、積層金属板が提供される。
- [0010] ここで、フレームは金属で構成されてもよい。
- [0011] また、第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体のうち、少なくとも一方のトラス構造体は、金属板を成形することで作製されてもよい。
- [0012] また、第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体のうち、少なくとも一方のトラス構造体は、パンチングメタルを成形することで作製されてもよい。
- [0013] また、フレームは樹脂で構成されてもよい。
- [0014] また、第1のトラス構造体の頂点は、第1及び第2の金属板に接合され、第2のトラス構造体の頂点は、第1及び第2の金属板に接合され、かつ、第1のトラス構造体の頂点間に配置されてもよい。
- [0015] また、第2のトラス構造体の頂点は、第1のトラス構造体の頂点間の中心に配置されてもよい。
- [0016] また、第1の金属板のコア層側の表面、及び第2の金属板のコア層側の表面のうち、少なくとも一方に形成された樹脂層を備えてもよい。
- [0017] また、樹脂層の総厚さは、コア層の厚さに略一致してもよい。
- [0018] また、樹脂層は、熱可塑性樹脂で構成されてもよい。
- [0019] また、第1のトラス構造体上に第2のトラス構造体が積層され、かつ、第

１のトラス構造体の頂点と第２のトラス構造体の頂点とが接合されていてもよい。

[0020] また、第１の金属板のコア層側の表面、第２の金属板のコア層側の表面、及び第１のトラス構造体と第２のトラス構造体との接合部分のうち、少なくとも１つ以上の部分に形成された樹脂層を備えてもよい。

[0021] また、樹脂層の総厚さは、コア層の厚さに略一致してもよい。

[0022] また、樹脂層は、熱可塑性樹脂で構成されてもよい。

[0023] また、第１の金属板に接合される頂点間の距離、及び第２の金属板に接合される頂点間の距離のうち、少なくとも一方は、積層金属板の総厚の０．４倍以上４．０倍以下であってもよい。

[0024] また、第１の金属板に接合される頂点間の距離、及び第２の金属板に接合される頂点間の距離のうち、少なくとも一方は、以下の数式（１）の条件を満たしてもよい。

$$0.57 \leq w/h \leq 3.7/\alpha \quad (1)$$

数式（１）において、 w は、第１の金属板に接合される頂点間の距離、または第２の金属板に接合される頂点間の距離を示し、 h は、第１の金属板と第２の金属板との距離を示し、 α は、曲げ加工時におけるコア層と第１の金属板または第２の金属板との接合角度の変化率を示す。

[0025] また、コア層と第１の金属板または第２の金属板との接合角度は、 $60 \sim 150^\circ$ であってもよい。

[0026] 本発明の他の観点によれば、金属フレームで構成されるトラスがマトリックス状に配置されたトラス構造体を備えるコア層と、コア層の一方の表面に設けられ、トラス構造体を構成する第１の頂点に接合される第１の金属板と、コア層の他方の表面に設けられ、トラス構造体を構成する第２の頂点に接合される第２の金属板と、第１の金属板のコア層側の表面、及び第２の金属板のコア層側の表面のうち、少なくとも一方に形成された樹脂層と、を備えることを特徴とする、積層金属板が提供される。

発明の効果

[0027] 以上説明したように本発明によれば、トラスの潰れが抑制され、ひいては、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。この結果、本発明の積層金属板は、軽量化のニーズを満足しつつ、剛性、耐衝撃性（衝突安全性）、及び加工性を従来の積層金属板よりも向上させることができる。したがって、本発明の積層金属板は、輸送体などの平面および曲面を構成するパネルに加え、衝突安全性が要求される構造部材にも利用できる。

図面の簡単な説明

[0028] [図1]本発明の第1の実施形態に係る積層金属板を模式的に示す側面図である。

[図2]コア層を模式的に示す斜視図である。

[図3]コア層を模式的に示す平面図である。

[図4]トラスを模式的に示す斜視図である。

[図5]トラスの他の例を模式的に示す平面図である。

[図6]トラスの他の例を模式的に示す斜視図である。

[図7]トラス構造体の他の例を模式的に示す斜視図である。

[図8]トラス構造体の製造方法を説明するための平面図である。

[図9]本発明の第2の実施形態に係る積層金属板を模式的に示す側面図である。

[図10]本発明の第2の実施形態に係る積層金属板の他の例を模式的に示す側面図である。

[図11]本発明の第3の実施形態に係る積層金属板を模式的に示す側面図である。

[図12]本発明の第4の実施形態に係る積層金属板を模式的に示す側面図である。

[図13]本発明の第5の実施形態に係る積層金属板を模式的に示す側面図である。

[図14]従来の積層金属板が有する問題点を説明するための側面図である。

発明を実施するための形態

[0029] 以下に添付図面を参照しながら、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、本明細書及び図面において、実質的に同一の機能構成を有する構成要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。

[0030] < 1. 背景技術の問題点及び実施形態の概要 >

本発明者は、従来の積層金属板が有する問題点を精査した結果、第 1 ～ 第 5 の実施形態に係る積層金属板 11 ～ 15 に想到するに至った。そこで、まず、従来の積層金属板が有する問題点について図 14 に基づいて説明する。

[0031] 積層金属板 100 は、従来の積層金属板の一例である。積層金属板 100 は、金属板 110a、110b と、コア層であるトラス構造体 120 とを備える。金属板 110a、110b は、トラス構造体 120 の両面に設けられる。トラス構造体 120 は、金属フレーム 122 で構成されるトラス（錐体）120a がマトリックス状に配置されたものである。トラス 120a は、例えば正四角錐の形状を取りうる。また、この例では、トラス 120a の頭頂点 121a が金属板 110a に接合されており、底面 121c 側の頂点（以下、各トラスの底面側の頂点を「底頂点」とも称する）121b が金属板 110b に接合されている。角度 θ_7 は、トラス 120a と金属板 110a との接合角度を示す。ここで、トラス 120a と金属板 110a との接合角度 θ_7 は、以下の手順で求められる。すなわち、金属板 110a とトラス 120a との接合点（ここではトラス 120a の頭頂点 121a）を通り、かつ金属板 110a に垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス 120a との交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_7 とする。

[0032] このような積層金属板 100 を折り曲げることで、金属板 110b のうち、あるトラス 120a の底面 121c が接合される部分（引張変形部分）110c が引張変形し、金属板 110a のうち、当該トラス 120a の頭頂点 121a が接合される部分（圧縮変形部分）が圧縮変形（金属板 110a の面方向への圧縮変形）した場合、トラス 120a は、引張変形部分 110c

を十分に補強することができない。トラスの底面 1 2 0 c の頂点 1 2 1 b 間には引張変形部分 1 1 0 c を補強する部材がないからである。したがって、金属板 1 1 0 b のうち、引張変形部分 1 1 0 c が大きく伸びる。すなわち、金属板 1 1 0 b が局所的に大きく変形する。これにともない、トラス 1 2 0 a の接合角度 θ_7 が非常に大きくなる。このため、トラス 1 2 0 a が潰れる。すなわち、積層金属板 1 0 0 の折り曲げ部（角部）が潰れる。この結果、折り曲げ部の強度が低下し（強度低下）、ひいては、折り曲げ部が破断する可能性がある（成形不良）。また、折り曲げ部の板厚が他の部分の板厚と異なり、トラス 1 2 0 a が潰れているので、外観も不良となる（外観不良）。本発明者は、このような問題点を精査した結果、第 1 ～ 第 5 の実施形態に係る積層金属板 1 1 ～ 1 5 に想到するに至った。

[0033] 例えば、図 1 及び図 1 1 に示すように、第 1 及び第 3 の実施形態に係る積層金属板 1 1、1 3 では、第 1 のトラス構造体 4 0 の頂点 4 1 は、少なくとも第 1 の金属板 2 0 a に接合され、第 2 のトラス構造体 5 0 の頂点 5 1 は、少なくとも第 2 の金属板 2 0 b に接合される。さらに、第 1 のトラス構造体 4 0 は、第 2 のトラス構造体 5 0 及び第 2 の金属板 2 0 b のうち少なくとも一方に接合され、第 2 のトラス構造体 5 0 は、第 1 のトラス構造体 4 0 及び第 1 の金属板 2 0 a のうち少なくとも一方に接合される。したがって、第 1 の金属板 2 0 a、第 2 の金属板 2 0 b の単位面積当たりに接合される頂点の数が従来よりも増大する。これにより、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。

[0034] 例えば、第 1 の実施形態では、図 1 に示すように、第 1 のトラス構造体 4 0 及び第 2 のトラス構造体 5 0 の頂点 4 1、5 1 は第 1 の金属板 2 0 a、第 2 の金属板 2 0 b の両方に接合されているが、第 2 のトラス構造体 5 0 の頂点の位置は第 1 のトラス構造体 4 0 の頂点間に配置される。これにより、第 1 の金属板 2 0 a、及び第 2 の金属板 2 0 b の単位面積当たりに接合される頂点の数が従来よりも増大する。

[0035] 第 3 の実施形態では、図 1 1 に示すように、第 1 のトラス構造体 4 0 は第

1の金属板20aに接合され、第2のトラス構造体50は第2の金属板20bに接合される。そして、コア層30a内で第1のトラス構造体40の頭頂点41aと第2のトラス構造体50の頭頂点51aとが接合されている。したがって、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の大きさが従来のトラス構造体よりも小さくなるので、第1の金属板20a、第2の金属板20bの単位面積当たりに接合される頂点の数が従来よりも増大する。以下、各実施形態を詳細に説明する。

[0036] <2. 第1の実施形態>

(2-1. 積層金属板の全体構成>

まず、図1に基づいて、第1の実施形態に係る積層金属板11の全体構成について説明する。積層金属板11は、コア層30と、コア層30の両面に設けられる金属板20とを備える。なお、本実施形態では、一方の金属板20を第1の金属板20a、他方の金属板20を第2の金属板20bとして区別する場合がある。

[0037] (2-2. 金属板の構成)

金属板20を構成する金属の種類(材質)は特に制限されない。金属板20の好ましい例は鋼板であるが、他の種類の金属板であっても構わない。すなわち、金属板を構成する金属の例としては、鋼、アルミ、チタン、マグネシウム、銅、ニッケル、及びこれらの合金等が挙げられる。また、鋼板の種類は特に制限されない。本実施形態で使用可能な鋼板としては、例えば、ブリキ、薄錫めっき鋼板、電解クロム酸処理鋼板(ティンフリースチール)、ニッケルめっき鋼板等の缶用鋼板や、溶融亜鉛めっき鋼板、溶融亜鉛-鉄合金めっき鋼板、溶融亜鉛-アルミニウム-マグネシウム合金めっき鋼板、溶融アルミニウム-シリコン合金めっき鋼板、溶融鉛-錫合金めっき鋼板等の溶融めっき鋼板や、電気亜鉛めっき鋼板、電気亜鉛-ニッケルめっき鋼板、電気亜鉛-鉄合金めっき鋼板、電気亜鉛-クロム合金めっき鋼板等の電気めっき鋼板等の表面処理鋼板、冷延鋼板、熱延鋼板、ステンレス鋼板等が挙げられる。また、溶接接合を実施しない場合、鋼板は、塗装鋼板、プリント鋼

板、フィルムラミネート鋼板等の表面処理鋼板であってもよい。

[0038] また、第1の金属板20a、第2の金属板20bは互いに異なってもよい。具体的には、曲げ加工、絞り加工等が必要な用途では、強度が異なる鋼板間にコア層30を積層し、曲率半径が小さく加工の厳しい面に軟鋼を使用し、他方の面には強度確保のため、高張力鋼を使用すること等も可能である。また、金属板20の表面に、密着力や耐食性向上のため、公知の表面処理を施すことも可能である。このような表面処理としては、例えば、クロメート処理（反応型、塗布型、電解）及びノンクロ処理、リン酸塩処理、有機樹脂処理等が挙げられるが、これらには限定されない。また、金属板20の好ましい厚さは、0.2mm～2.0mmである。金属板20の厚さが0.2mm未満では曲げ加工時に座屈し易い場合がある。一方、金属板20の厚さが2.0mmを超えると軽量化効果が不十分になり易い。軽量化の観点からは、金属板20の厚さは1.0mm以下が好ましい。

[0039] さらに、第1の金属板20aの厚さ t_1 、第2の金属板20bの厚さ t_2 は、軽量効果を損なわなければ、同じでなくてもよく、一方を厚くすることによって、強加工時の表層鋼板の座屈、破断を回避し易くなる。好ましい第1の金属板20a、第2の金属板20bの厚さの比（第2の金属板20bの厚さ t_2 /第1の金属板20aの厚さ t_1 ）は0.8以上1.2以下である。

[0040] （2-3. コア層の構成）

コア層30は、図2及び図3に示すように、第1のトラス構造体40と、第2のトラス構造体50とを備える。第1のトラス構造体40は、図2に示すように、フレーム42で構成されるトラス（錐体）40aがマトリックス状に配置されたものである。トラス40aは、図2及び図4に示すように、正四角錐の形状となっている。トラス40aは、5つの頂点41を有する。以下の説明では、これらの頂点41のうち、頭頂点を頭頂点41a、底面側の頂点41を底頂点41bとして区別する場合がある。

[0041] フレーム42を構成する材料は特に制限されない。例えば、フレーム42は、金属板20と同様の金属で構成されていてもよく、樹脂で構成されてい

てもよい。ここで、フレーム42を構成する樹脂は特に制限されないが、例えば熱可塑性樹脂であることが好ましい。熱可塑性樹脂としては、汎用樹脂、汎用エンブラ、スーパーエンブラ等が挙げられる。汎用樹脂としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニルなどが挙げられる。汎用エンブラとしては、ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンエーテル、ポリエステルなどが挙げられる。また、スーパーエンブラとしては、非晶質ポリアリレート、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、ポリフェニレンスルファイド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリイミド、ポリエーテルイミド、フッ素樹脂などが挙げられる。

[0042] 樹脂は金属に比べ強度の点で劣る。したがって、積層金属板11が強加工（大きく曲げる等の加工）に使用される場合、フレーム42は金属で構成されることが好ましい。しかし、積層金属板11が折り曲げの不要なパネル材、あるいは軽加工用の部材として使用される場合、フレーム42は金属、樹脂のいずれで構成されてもよい。フレーム42を樹脂で構成することによって、積層金属板11の断熱性、絶縁性が向上し、積層金属板11が軽量化するという効果が期待できる。特に、フレーム42をスーパーエンブラで構成することで、積層金属板11の耐熱性（例えば150℃以上の温度に対する耐熱性）が特に向上する。また、フレーム42を繊維強化樹脂（上記樹脂内にカーボンファイバ、グラスファイバなどの繊維材を含めたもの）で構成することによって、フレーム42の強度を上げることもできる。

[0043] なお、樹脂製のトラス構造体を積層金属板11の表面に積層してもよい。この場合、積層金属板11の表面潤滑性、断熱性をさらに向上させることができる。

[0044] トラス40aの頭頂点41aは、第1の金属板20aに接合されており、底頂点41bは第2の金属板20bに接合されている。トラス40aと第1の金属板20aとの接合角度 θ_{11} は、60～150°であることが好ましい。接合角度 θ_{11} が60～150°となる場合、積層金属板11がせん断変形

及び板厚方向の圧縮変形に強くなるからである。

なお、本実施形態におけるせん断変形は、積層金属板 11 に平行な方向に力を加えた際に生じるせん断変形を意味し、板厚方向の圧縮変形は、積層金属板 11 に垂直な方向に力を加えた際に生じる圧縮変形を意味する。本実施形態では、トラス 40a のフレーム 42 が第 1 の金属板 20a 及び第 2 の金属板 20b の表面に対して傾斜して接合されているので、せん断変形に対する強度が大きくなる。なお、接合角度 θ_{11} が 60° 未満となる場合、コア層 30 内に占めるトラス 40a の個数が増大するので、積層金属板 11 の質量が増大する。したがって、軽量化の観点から好ましくない。また、積層金属板 11 のせん断変形に対する耐性が低下する可能性がある。一方、接合角度 θ_{11} が 150° を超える場合、積層金属板 11 が板厚方向の圧縮変形に弱くなる可能性がある。積層金属板 11 を特に板厚方向の圧縮変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{11} を $60 \sim 90^\circ$ とすればよい。また、積層金属板 11 を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{11} を 90° 超 $\sim 150^\circ$ とすればよい。この場合、積層金属板 11 はさらに軽量化されうる。なお、接合角度 θ_{11} を 150° 程度とする場合、積層金属板 11 は板厚方向の圧縮変形に若干弱くなる可能性があるので、後述する第 2 の実施の形態で述べられるように、樹脂層 21 を第 1 の金属板 20a の表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層 21 によって補強され、ひいては、積層金属板 11 が板厚方向の圧縮変形に強くなる。

[0045] ここで、接合角度 θ_{11} は、以下の手順で求められる。すなわち、第 1 の金属板 20a とトラス 40a との接合点（ここではトラス 40a の頭頂点 41a）を通り、かつ第 1 の金属板 20a に垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス 40a との交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_{11} とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_{11} の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_{11} は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。図 4 に接合角度 θ_{11} の例を示した。

[0046] さらに、トラス40aと第2の金属板20bとの接合角度 θ_{12} は、60～150°であることが好ましい。その理由は接合角度 θ_{11} に関して述べた理由と同様である。積層金属板11を特に板厚方向の圧縮変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{12} を60～90°とすればよい。また、積層金属板11を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{12} を90°超～150°とすればよい。この場合、積層金属板11はさらに軽量化されうる。なお、接合角度 θ_{12} を150°程度とする場合、後述する第2の実施の形態で述べられるように、樹脂層21を第2の金属板20bの表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層21によって補強される。

[0047] ここで、接合角度 θ_{12} は、以下の手順で求められる。すなわち、第2の金属板20bとトラス40aとの接合点（ここではトラス40aの底頂点41b）を通り、かつ第2の金属板20bに垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス40aとの交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_{12} とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_{12} の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_{12} は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。

[0048] トラス40aのフレーム42とトラス40aの底面41cとのなす角度 θ_{13} は30～60°程度であることが好ましく、45～60°程度であることがより好ましい。トラス40aの高さ、すなわち第1のトラス構造体40の高さ（厚さ）は特に制限されないが、積層金属板11の加工性等を考慮すると、1mm以上5mm以下が好ましい。

[0049] なお、第1のトラス構造体40を構成するトラスは、図5に示すn角錐型トラス60aであってもよい。n角錐型トラス60は、頭頂点61a、底頂点61b及びフレーム62を備える。n=3となる場合、n角錐型トラスは、図6に示す三角錐型トラス70aとなる。三角錐型トラス70aは頭頂点71a、底頂点71b及びフレーム72を備える。三角錐型トラス70aのフレーム72と底面71cとのなす角度 θ_{14} は30～60°程度であること

が好ましく、 $45 \sim 60^\circ$ 程度であることがより好ましい。 n 角錐型トラス 60 についても同様である。図 7 に、三角錐型トラス 70a がマトリックス状に配置されたトラス構造体 70 を示す。トラス 40a の形状としてもっとも好ましいのは図 4 に示す正四角錐である。

[0050] 第 2 のトラス構造体 50 は、図 2 に示すように、フレーム 52 で構成されるトラス（錐体）50a がマトリックス状に配置されたものである。第 2 のトラス構造体 50 は、第 1 のトラス構造体 40 と同様の構成を有する。すなわち、トラス 50a は、図 2 及び図 4 に示すように、正四角錐の形状となっている。トラス 50a は、5 つの頂点 51 を有する。以下の説明では、これらの頂点 51 のうち、頭頂点を頭頂点 51a、底面側の頂点 51 を底頂点 51b として区別する場合がある。

[0051] フレーム 52 を構成する材料は特に制限されない。例えば、フレーム 52 は、フレーム 42 と同様の材料で構成されてもよい。各材料による効果はフレーム 42 で述べた効果と同様である。

[0052] トラス 50a の頭頂点 51a は、第 1 の金属板 20a に接合されており、底頂点 51b は第 2 の金属板 20b に接合されている。さらに、頭頂点 51a は、第 1 のトラス構造体 40 の頭頂点 41a 間に配置される。頭頂点 51a は、第 1 のトラス構造体 40 の頭頂点 41a 間の中心に配置されることが好ましい。また、底頂点 51b は、第 1 のトラス構造体 40 の底頂点 41b 間に配置される。底頂点 51b は、第 1 のトラス構造体 40 の底頂点 41b 間の中心に配置されることが好ましい。

[0053] このように、第 1 の実施形態では、第 1 のトラス構造体 40 の頭頂点 41a 及び第 2 のトラス構造 50 の頭頂点 51a が第 1 の金属板 20a に接合され、第 1 のトラス構造体 40 の底頂点 41b 及び第 2 のトラス構造 50 の底頂点 51b が第 2 の金属板 20b に接合される。そして、第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 と第 1 の金属板 20a との接合点を通る平面（仮想平面）がコア層 30 の一方の表面を形成する。また、第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造 50 と第 2 の金属板 20b との接合点を通る平面

(仮想平面) がコア層 30 の他方の表面を形成する。また、コア層 30 の厚さは、コア層 30 の表面間距離として規定される。コア層 30 の厚さは、実質的には、第 1 のトラス構造体 40 (または第 2 のトラス構造体 50) の高さに相当する。後述する各実施形態においても、コア層の表面及び厚さは同様に定義される。

[0054] トラス 50 a と第 1 の金属板 20 a との接合角度 θ_{21} は、 $60 \sim 150^\circ$ であることが好ましい。その理由は接合角度 θ_{11} に関して述べた理由と同様である。積層金属板 11 を特に板厚方向の圧縮変形場合、接合角度 θ_{21} を $60 \sim 90^\circ$ とすればよい。また、積層金属板 11 を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{21} を 90° 超 $\sim 150^\circ$ とすればよい。この場合、積層金属板 11 はさらに軽量化されうる。なお、接合角度 θ_{21} を 150° 程度とする場合、後述する第 2 の実施の形態で述べられるように、樹脂層 21 を第 1 の金属板 20 a の表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層 21 によって補強される。

[0055] 接合角度 θ_{21} の求め方は接合角度 θ_{11} の求め方と同様である。すなわち、第 1 の金属板 20 a とトラス 50 a との接合点 (ここではトラス 50 a の頭頂点 51 a) を通り、かつ第 1 の金属板 20 a に垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス 50 a との交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_{21} とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_{21} の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_{21} は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。図 4 に接合角度 θ_{21} の例を示した。

[0056] さらに、トラス 50 a と第 2 の金属板 20 b との接合角度 θ_{22} は、 $60 \sim 150^\circ$ であることが好ましい。その理由は接合角度 θ_{11} に関して述べた理由と同様である。積層金属板 11 を特に板厚方向の圧縮変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{22} を $60 \sim 90^\circ$ とすればよい。また、積層金属板 11 を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_{22} を 90° 超 $\sim 150^\circ$ とすればよい。この場合、積層金属板 11 はさらに軽量化されうる。なお、接合角

度 θ_{22} を 150° 程度とする場合、後述する第2の実施の形態で述べられるように、樹脂層21を第2の金属板20bの表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層21によって補強される。

[0057] ここで、接合角度 θ_{22} は、以下の手順で求められる。すなわち、第2の金属板20bとトラス50aとの接合点（ここではトラス50aの底頂点51b）を通り、かつ第2の金属板20bに垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス50aとの交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_{22} とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_{22} の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_{22} は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。

[0058] また、図4に示すように、トラス50aのフレーム52とトラス50aの底面とのなす角度 θ_{23} は $30\sim60^\circ$ 程度であることが好ましく、 $45\sim60^\circ$ 程度であることがより好ましい。トラス50aの高さ、すなわち第2のトラス構造体50の高さ（厚さ）は特に制限されないが、積層金属板11の加工性等を考慮すると、1mm以上5mm以下が好ましい。トラス50aは、図5～図6に示すトラスであってもよい。

[0059] このように、第1の実施形態に係る積層金属板11では、第1のトラス構造体40の頂点41間に第2のトラス構造体50の頂点51が配置されるので、第1の金属板20a、第2の金属板20bの単位面積当たりに接触する頂点の数が従来よりも増大する。これにより、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。

[0060] より具体的には、図1に示すように、積層金属板11を折り曲げることで、第2の金属板20bのうち、トラス40aの底面が接触する部分（引張変形部分）20cが引張変形し、第1の金属板20aのうち、トラス40aの頭頂点41aが接触する部分（圧縮変形部分）が圧縮変形（第1の金属板20aの面方向への圧縮変形）した場合、引張変形部分20cは、底面41cの底頂点41b間に配置された底頂点51bによって補強される。言い換え

れば、引張変形部分が底頂点 5 1 b によって分割されるので、局所的な引張変形が抑制される。この結果、接合角度 θ_{11} の角度変化が抑制される。すなわち、トラス 4 0 a の潰れが抑制される。したがって、積層金属板 1 1 の折り曲げ部（角部）の潰れも抑制される。この結果、折り曲げ部の強度が向上し、折り曲げ部の破断が抑制される。また、折り曲げ部の板厚と他の部分の板厚との差も小さくなるので、外観も向上する。したがって、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。

[0061] ここで、第 1 の金属板 2 0 a に接合される頭頂点 4 1 a、5 1 a 間の距離 W_{L1} は、積層金属板 1 1 の総厚（ $= h + t_1 + t_2$ 。ここで、 h は第 1 の金属板 2 0 a と第 2 の金属板 2 0 b との距離である。）の 0.4 倍以上 4.0 倍以下であることが好ましく、1.0 倍以上 1.8 倍以下であることがより好ましい。同様に、第 2 の金属板 2 0 b に接合される底頂点 4 1 b、5 1 b 間の距離 W_{L2} は、積層金属板 1 1 の総厚の 0.4 倍以上 4.0 倍以下であることが好ましく、1.0 倍以上 1.8 倍以下であることがより好ましい。頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} がこれらの範囲内の値となる場合に、トラス 4 0 a の頭頂点 4 1 a の角度変化がより大きく抑制される。この結果、折り曲げ部の強度がより向上し、破断がより大きく抑制され、外観もより向上する。

[0062] 頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} のうち、少なくとも一方は、以下の数式（1）の条件を満たすことがさらに好ましい。

$$0.57 \leq w/h \leq 3.7/\alpha \quad (1)$$

数式（1）において、 w は、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} を示し、 h は、第 1 の金属板 2 0 a と第 2 の金属板 2 0 b との距離を示し、 α は、曲げ加工時における接合角度（圧縮変形側の接合角度）の変化率を示す。変化率 α は、以下の手順で算出される。すなわち、ある曲率半径で積層金属板 1 1 を曲げた際の w の変化量を幾何学計算で算出し、その結果に基づいて、接合角度の変化量を算出する。そして、接合角度の変化量に基づいて、変化率 α を算出する。なお、変化率 α は、以下の数式（2）で示される。

$$\alpha = \tan(\theta'/2) / \tan(\theta/2) \quad (2)$$

数式（２）において、 θ' は曲げ加工後の接合角度を示し、 θ は曲げ加工前の接合角度を示す。

- [0063] 例えば、積層金属板 11 を積層金属板 11 の総厚さと同等の曲率半径で曲げた場合（いわゆる強加工の場合）、 $\alpha = 1.5$ となる。また、積層金属板 11 を積層金属板 11 の総厚さの 2 倍程度の曲率半径で曲げた場合、 $\alpha = 1.25$ となる。また、積層金属板 11 を折り曲げの不要なパネル材として使用するか、あるいは緩やかに曲げる場合（すなわち、軽加工の場合）、 α はほぼ 1 となる。このように、変化率 α は積層金属板 11 をどのように加工するかによって決定される。ただし、 α は 1 未満になることはない。 α が 1 未満となる場合、圧縮変形側の接合角度が曲げ加工前より小さくなることを意味するが、このような事象は発生し得ないからである。
- [0064] また、 w/h は、 $\tan(\theta/2)$ ($\theta: \theta_{11} \sim \theta_{14}$ のうち、圧縮変形側の接合角度) を示す。下限値 0.57 は、 $\tan(60/2)$ の値である。すなわち、 w/h が 0.57 未満となる場合、コア層 30 内に占めるトラス 40a の個数が増大するので、積層金属板 11 の質量が増大する。したがって、軽量化の観点から好ましくない。また、積層金属板 11 のせん断変形に対する耐性が低下する可能性がある。上限値の 3.7 は、 $\tan(150/2)$ の値である。すなわち、上記数式（２）によれば、曲げ加工後の接合角度が 150° を超えることは好ましくない。接合角度が 150° を超えた場合、板厚方向の圧縮変形に対する耐性が低下する可能性があるからである。
- [0065] また、コア層 30 のうち、第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 の頂点間の部分は、第 1 の金属板 20a、及び第 2 の金属板 20b に直接接合される空隙層部となり、圧縮抵抗が低下する。この結果、積層金属板 11 の加工時（例えば折り曲げ時）には、コア層 30 の空隙部分へ第 1 の金属板 20a、第 2 の金属板 20b が陥入する可能性がある。そこで、第 1 の金属板 20a、及び第 2 の金属板 20b の陥入防止の観点から、頂点間距離 W_{L1} は、第 1 の金属板 20a の厚さ t_1 の 30 倍以下が好ましく、10 倍以下がより好ましい。同様に、頂点間距離 W_{L2} は、第 2 の金属板 20b の厚さ

t_2 の30倍以下が好ましく、10倍以下がより好ましい。

[0066] コア層30と金属板20とは、接着剤で接合されている。接着剤は特に制限されず、トラス構造体をコア層に用いた積層金属板に使用される接着剤であれば本実施形態でも問題なく使用可能である。ただし、接着剤の耐熱性・耐久性を確保するという観点から、エポキシ樹脂を基材とした構造用接着剤が好ましく、中でも硬化剤が予め混合された一液加熱硬化型接着剤が、ハンドリング性の面からさらに好ましい。また、積層金属板11の溶接性を確保するという観点からは、導電性接着剤が好ましい。この導電性接着剤としては、例えば、上述したような接着剤に、アルミ粉、ニッケル粉や鉄粉等の金属粉を所定量添加したもの等が挙げられる。なお、コア層30と金属板20とは、ブレード接合、シーム溶接等によって接合されてもよい。

[0067] (2-4. トラス構造体の製造方法)

つぎに、第1のトラス構造体40、及び第2のトラス構造体50の製造方法について説明する。まず、フレーム42、52が金属フレームとなる場合について説明する。図8に示すように、金網200を用意する。金網200は、フレーム201が網状に分布したシート状の部材であり、多数の開口202を有する。図8では開口202は正方形となっているが、開口202の形状は正方形に限られない。また、金網200の種類は特に制限されない。

[0068] たとえば、金網200は、金属線材を網状に織り込むことで作製された金網（以下、このような金網を「編込み金網」とも称する）であってもよい。この場合、金属線材がフレーム201となる。なお、金属線材の延性を考慮して金属線材の織り込み方法を選択することが好ましい。例えば、金属線材の延性が低い場合、曲げ加工時に金属線材が破断する可能性がある。そこで、金網の縦線と横線の交点（交差部分）が固定されていない金網を作製することで、交点で金属線材同士のずれ変形が生じ、破断の防止が可能となる。従って、金属線材の延性が低い場合、金属線材同士の交点を溶接止めすることは不適當である場合がある。ただし、この場合、フレーム201同士の交差部分が第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の頂点を構成

するので、頂点の強度が低下する。なお、接着剤等の接合材で交点が接合されている場合、曲げ加工時のずれ変形に耐えられる変形能を有する接合材を用いれば、金属線材の破断を防止しつつ、トラス構造体の形状維持が図れるので、好適である。ただし、金網２００を山折り、谷折りする際の角度を鋭角にした場合、フレーム２０１や溶接部分が破断する可能性が依然として高い。

[0069] また、金網２００は、金属板に多数のパンチング孔を形成することで作製された金網（いわゆるパンチングメタル）であってもよい。この場合、パンチング孔間の金属部分（いわゆる「バー」）がフレーム２０１となる。また、金網２００は、金属板に多数の切り欠きを形成した後、金属板を切り欠きの長さ方向と交差する方向に延伸する（すなわち、切り欠きを拡張する）ことで作製された金網（いわゆるエキスパンドメタル）であってもよい。この場合、拡張された切り欠き間の金属部分がフレーム２０１となる。金網２００がパンチングメタルまたはエキスパンドメタルとなる場合、第１のトラス構造体４０、及び第２のトラス構造体５０は、金属板を成形することで作製されることになる。

[0070] 金網２００は、上記編込み金網、パンチングメタル、及びエキスパンドメタルのうち、パンチングメタルまたはエキスパンドメタルで構成されることが好ましい。また、金網２００は、パンチングメタルで構成されることがさらに好ましい。この理由は以下のとおりである。すなわち、金網２００を編込み金網で構成する場合、金網を編みこむ必要があるので、金網２００の製造コスト（原料コスト）が増大する。さらに、フレーム２０１同士の交差部分が第１のトラス構造体４０及び第２のトラス構造体５０の頂点を構成するので、頂点の強度が低下する。頂点を構成するフレーム２０１同士がずれる可能性があるからである。この問題を解消する方法として、フレーム２０１同士の交差部分を溶接することが考えられる。しかし、フレーム２０１同士の交差部分を溶接した場合、金網２００を交互に山折り、谷折りする際に、フレーム２０１や溶接部分が破断する可能性がある。特に、山折り、谷折り

の角度を鋭角にした場合、フレーム 201 や溶接部分が破断する可能性が高い。

[0071] この一方で、パンチングメタル及びエキスパンドメタルは、金属板を成形するだけで作製されるので、編込み金網に比べて製造コストが低くなる。また、頂点の強度も確保される。

[0072] さらに、金網 200 をパンチングメタルで構成した場合、金属板を打ちぬく際の孔の構造（形状、厚み、サイズ等）を変えるだけで、様々な形状のパンチングメタルを作製することができる。この結果、様々な形状の第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 を低コストで作製することができる。さらに、金網 200 をパンチングメタルで構成した場合、フレーム 201 同士の交差部分はフラットになるので、頂点の強度が向上する。この一方で、エキスパンドメタルは、金属板に切り欠きを形成した後に金属板を延伸することで形成される。したがって、フレーム 201 同士の交差部分に凹凸が形成される。そして、この交差部分は第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 の頂点を形成するので、頂点の強度が若干低下する可能性がある。このような凹凸を低減する方法として、エキスパンドメタルをプレスする方法が考えられるが、この方法では、プレスという工程が増えるので製造コストが増大する。さらに、エキスパンドメタルをプレスすることでエキスパンドメタルの凹凸部に加工ひずみが生じる。この結果、トラス成形時に凹凸部分、すなわち第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 の頂点 41、51 を形成する部分が破断する（例えば、頂点 41、51 またはその近傍に亀裂が入る）恐れがある。そして、亀裂が入ったトラス構造体を用いて積層金属板 11 を作製した場合、以下の問題が生じうる。すなわち、積層金属板 11 にせん断力がかかった場合に、応力が亀裂部分に集中し、亀裂部分からトラス構造体のフレームが完全に切断される可能性がある。そこで、エキスパンドメタルを用いて第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 を作製した場合には、第 2 の実施形態に示されるように、第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 と第 1 の金属板 20a 及

び第2の金属板20bとの接合点を樹脂層21で保護すればよい。これにより、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の一方または両方に亀裂が入っていても、亀裂部分を樹脂層21内に埋め込むことができる。この場合、積層金属板11にせん断力がかかっても、亀裂部分に応力が集中しにくくなる。この結果、フレーム42、52の切断が抑制される。

[0073] ついで、金網200を直線A、B（開口202の対角線を連結した直線）で交互に山折り、谷折りすることで、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製する。この方法によれば、トラス40a、50aが三角錐型、正四角錐型、四角錐型となる第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製可能である。

[0074] なお、フレーム42、52が樹脂フレームとなる場合、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の金型を用意し、この金型を用いて第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製すればよい。

[0075] （2－5．積層金属板の製造方法）

次いで、第2のトラス構造体50の頂点51が第1のトラス構造体40の頂点41間に配置されるように第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を重ねあわせる。これにより、コア層30を作製する。ついで、コア層30の両面に接着剤を塗工し、コア層30の両面に金属板20を接着する。接着は常温もしくは加熱下で金属板20をコア層30側に加圧することで行われる。これにより、積層金属板11を作製する。

[0076] 以上により、第1の実施形態によれば、第1のトラス構造体40の頂点41間に第2のトラス構造体50の頂点51が配置されているので、例えばトラス40aの底面41cが接合される部分（引張変形部分）が引張変形される場合に、引張変形部分が第2のトラス構造体50の頂点51によって補強される。したがって、トラス40aの潰れが抑制され、ひいては、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。この結果、本発明の積層金属板は、軽量化のニーズを満足しつつ、剛性、耐衝撃性（衝突安全性）、及び加工性を従来の積層金属板よりも向上させることができる。したがって、本発明

の積層金属板は、輸送体などの平面および曲面を構成するパネルに加え、衝突安全性が要求される構造部材にも利用できる。

[0077] <3. 第2の実施形態>

(3-1. 積層金属板の全体構成>

次に、図9及び図10に基づいて、第2実施形態について説明する。第2の実施形態に係る積層金属板12は、第1の実施形態に係る積層金属板11に樹脂層21を追加したものである。

[0078] 具体的には、第1の金属板20aの表面（コア層30側の表面）と、第2の金属板20bの表面（コア層30側の表面）とのそれぞれに樹脂層21が設けられている。なお、本実施形態では、第1の金属板20a上の樹脂層21を第1の樹脂層21a、第2の金属板20b上の樹脂層21を第2の樹脂層21bとして区別する場合がある。第1の樹脂層21a、第2の樹脂層21bのうち、いずれかは省略されてもよい。

[0079] そして、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の頂点は、樹脂層21内にめり込んでおり、第1の金属板20a、及び第2の金属板20bに接合されている。このように、第2の実施形態では、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50と第1の金属板20a及び第2の金属板20bとの接合点が樹脂層21によって保護されている。

[0080] 樹脂層21を構成する樹脂の種類は特に制限されないが、加工上の観点等から、熱可塑性樹脂であることが好ましい。熱可塑性樹脂としては、汎用樹脂、汎用エンブラ、スーパーエンブラ等が挙げられる。汎用樹脂としては、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリスチレン、ポリ塩化ビニルなどが挙げられる。汎用エンブラとしては、ポリアミド、ポリアセタール、ポリカーボネート、変性ポリフェニレンエーテル、ポリエステルなどが挙げられる。また、スーパーエンブラとしては、非晶質ポリアリレート、ポリサルフォン、ポリエーテルサルフォン、ポリフェニレンスルファイド、ポリエーテルエーテルケトン、ポリイミド、ポリエーテルイミド、フッ素樹脂などが挙げられる。

[0081] 樹脂層 21 を上述した熱可塑性樹脂で構成することで、接合点を補強することができる。具体的には、第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 と第 1 の金属板 20 a 及び第 2 の金属板 20 b との剥離強度を向上させることができる。また、樹脂層 21 は第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 と第 1 の金属板 20 a 及び第 2 の金属板 20 b とを接合する接着剤としても機能する。したがって、第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態で使用した接着剤を不要とすることができる。また、第 1 の金属板 20 a 及び第 2 の金属板 20 b の表面上に樹脂層 21 を形成するだけで、第 1 の金属板 20 a 及び第 2 の金属板 20 b と第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 とを接合することができる。したがって、積層金属板 12 の生産性が向上する。

[0082] また、樹脂層 21 を汎用エンブラまたはスーパーエンブラで構成した場合、さらなる補強効果がえられる。具体的には第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 の頂点の変形を抑制することができる。したがって、積層金属板 11 を折り曲げた際に、折り曲げ部の強度をさらに向上させることができる。さらに、樹脂層 21 をスーパーエンブラで構成した場合、積層金属板 12 の耐熱性（例えば、150℃以上の温度に対する耐熱性）が向上する。なお、樹脂層 21 を構成する樹脂は発泡体であっても、バルク体であってもよい。

[0083] 第 1 の樹脂層 21 a の厚さ t_{a1} 及び第 2 の樹脂層 21 b の厚さ t_{a2} は特に制限されない。ただし、図 10 に示すように、これらの厚さ t_{a1} 、 t_{a2} の総和（すなわち、樹脂層 21 の総厚さ）を第 1 の金属板 20 a と第 2 の金属板 20 b との距離（ $=h$ ）に略一致させてもよい。

[0084] 樹脂層 21 の総厚さを第 1 の金属板 20 a と第 2 の金属板 20 b との距離に略一致させることで、積層金属板 12 の板厚方向の圧縮変形に対する強度をさらに向上させることができる。なお、第 1 の金属板 20 a と第 2 の金属板 20 b との間を樹脂のみで充填した積層金属板も圧縮変形に対する強度が大きい。しかし、この積層金属板は、せん断変形に対する強度が非常に弱い

。第1の金属板20a及び第2の金属板20bと樹脂層との界面は平坦になっているからである。この一方で、第2の実施形態に係る積層金属板12では、第1の金属板20a及び第2の金属板20bと樹脂層との界面には上述した接合点が多数形成されている。さらに、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50のフレーム42、52は、第1の金属板20a及び第2の金属板20bの表面に対して傾斜して接合されている。したがって、積層金属板12は、せん断変形に対する強度も大きい。さらに、第1の金属板20a及び第2の金属板20bが第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50のみならず、樹脂層21で保持されることになる。このため、積層金属板11の切断時に第1の金属板20a及び第2の金属板20bが積層金属板11の厚さ方向に変動しにくい（厚さ方向にめり込みにくい）。

[0085] （3-2. 積層金属板の製造方法）

積層金属板12は、以下の工程により作製可能である。まず、第1の実施形態と同様の工程によりコア層30を作製する。ついで、第1の金属板20aの表面に樹脂シートを積層することで、第1の金属板20aの表面に第1の樹脂層21aを形成する。同様の工程により、第2の金属板20bの表面に第2の樹脂層21bを形成する。ついで、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを加熱する等により、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを軟化させる。ついで、コア層30と第1の金属板20a及び第2の金属板20bとを接合する。この際、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50は、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを押しつけて第1の金属板20a及び第2の金属板20bに接触する。その後、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを冷却する等により、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを硬化させる。これにより、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50は、第1の金属板20a及び第2の金属板20bに接合される。すなわち、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bは接着剤として機能する。ただし、接合強度をさらに確保する観点からは、第1の実施形態と同様の方法による接合方法をさらに行ってもよい。

[0086] <4. 第3の実施形態>

(4-1. 積層金属板の全体構成)

次に、図11に基づいて、第3の実施形態について説明する。第3の実施形態に係る積層金属板13は、第1の実施形態に係る積層金属板11のコア層30をコア層30aに置き換えたものである。

[0087] コア層30aは、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50が積層されたものである。第1のトラス構造体40の頭頂点41aは、第2のトラス構造体50の頭頂点51aに接合され、第1のトラス構造体40の底頂点41bは、第1の金属板20aに接合されている。一方、第2のトラス構造体50の底頂点51bは第2の金属板20bに接合されている。第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50同士は上述した接着剤（またはブレース接合、シーム溶接等）によって接合されている。なお、図11では第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50は同じ形状であるが、異なる形状であっても良い。

[0088] 積層金属板13と、従来の積層金属板100とを同じ総厚で比較した場合、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の大きさ（具体的には、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を構成するトラス40a、50aの大きさ）が従来のトラス構造体よりも小さくなる（図11の例では従来の半分になる）。したがって、第1の金属板20a、第2の金属板20bの単位面積当たりに接合される頂点41、51の数が従来よりも大きくなるので、積層金属板11の折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上する。

[0089] ここで、トラス40aと第1の金属板20aとの接合角度 θ_5 は、 $60 \sim 150^\circ$ であることが好ましい。その理由は接合角度 θ_{11} に関して述べた理由と同様である。積層金属板13を特に板厚方向の圧縮変形に強くしたい場合、接合角度 θ_5 を $60 \sim 90^\circ$ とすればよい。また、積層金属板13を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_5 を 90° 超 $\sim 150^\circ$ とすればよい。この場合、積層金属板13はさらに軽量化されうる。なお、接合角度 θ_5 を

150°程度とする場合、後述する第4の実施の形態で述べられるように、樹脂層21を第1の金属板20aの表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層21によって補強される。

[0090] ここで、接合角度 θ_5 は、以下の手順で求められる。すなわち、第1の金属板20aとトラス40aとの接合点（ここではトラス40aの底頂点41b）を通り、かつ第1の金属板20aに垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス40aとの交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_5 とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_5 の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_5 は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。

[0091] また、トラス50aと第2の金属板20bとの接合角度 θ_6 は、60～150°であることが好ましい。その理由は接合角度 θ_{11} に関して述べた理由と同様である。積層金属板13を特に板厚方向の圧縮変形に強くしたい場合、接合角度 θ_6 を60～90°とすればよい。また、積層金属板13を特にせん断変形に強くしたい場合、接合角度 θ_6 を90°超～150°とすればよい。この場合、積層金属板13はさらに軽量化されうる。なお、接合角度 θ_6 を150°程度とする場合、後述する第4の実施の形態で述べられるように、樹脂層21を第2の金属板20bの表面に形成することが好ましい。この場合、接合点が樹脂層21によって補強される。

[0092] ここで、接合角度 θ_6 は、以下の手順で求められる。すなわち、第2の金属板20bとトラス50aとの接合点（ここではトラス50aの底頂点51b）を通り、かつ第2の金属板20bに垂直な断面を定義する。そして、この断面とトラス50aとの交線を特定し、これらの交線と接合点とで規定される角度を接合角度 θ_6 とする。なお、断面をどのように定義するかによって接合角度 θ_6 の大きさが変動しうるが、断面をどのように定義した場合であっても、接合角度 θ_6 は本実施形態に示される条件を満たすことが好ましい。

[0093] ここで、第1の金属板20aに接合される底頂点41b間の距離 W_{L1} は、積層金属板11の総厚の0.4倍以上4.0倍以下であることが好ましく、

1. 0倍以上1.8倍以下であることがより好ましい。同様に、第2の金属板20bに接合される底頂点51b間の距離 W_{L2} は、積層金属板11の総厚の0.4倍以上4.0以下であることが好ましく、1.0倍以上1.8倍以下であることがより好ましい。頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} がこれらの範囲内の値となる場合に、積層金属板13の折り曲げ部の強度、成形性、及び外観がより向上する。

[0094] さらに、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} のうち、少なくとも一方は、上述した数式(1)の条件を満たすことがさらに好ましい。また、第1の金属板20a、第2の金属板20bの陥入防止の観点から、頂点間距離 W_{L1} は、第1の金属板20aの厚さ t_1 の30倍以下が好ましく、10倍以下がより好ましい。同様に、頂点間距離 W_{L2} は、第2の金属板20bの厚さ t_2 の30倍以下が好ましく、10倍以下がより好ましい。

[0095] (4-2. 積層金属板の製造方法)

積層金属板13は、以下の工程により作製可能である。まず、第1の実施形態と同様の工程により第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製する。そして、第1のトラス構造体40の頭頂点41aと第2のトラス構造体50の頭頂点51aとを接合することで、コア層30aを作製する。接合の方法は、第1の金属板20a及び第2の金属板20bとコア層30とを接合する方法と同様であれば良い。その後は第1の実施形態と同様の工程を行うことで、積層金属板13を作製する。

[0096] <5. 第4の実施形態>

(5-1. 積層金属板の全体構成)

次に、図12に基づいて、第4の実施形態について説明する。第4の実施形態に係る積層金属板14は、第3の実施形態に係る積層金属板13に樹脂層21を追加したものである。

[0097] 具体的には、第1の金属板20aの表面(コア層30側の表面)と、第2の金属板20bの表面(コア層30側の表面)と、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の接合部分とのそれぞれに樹脂層21が設けら

れている。なお、本実施形態では、第1の金属板20a上の樹脂層21を第1の樹脂層21a、第2の金属板20b上の樹脂層21を第2の樹脂層21b、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の接合部分の樹脂層21を第3の樹脂層21cとして区別する場合がある。第1の樹脂層21a、第2の樹脂層21b、及び第3の樹脂層21cのうち、いずれかは省略されてもよい。

[0098] そして、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の底頂点41b、51bは、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21b内にめり込んでおり、第1の金属板20a、及び第2の金属板20bに接合されている。さらに、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50の頭頂点41a、51aは、第3の樹脂層21c内にめり込んでおり、互いに接合されている。このように、第3の実施形態では、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50と第1の金属板20a及び第2の金属板20bとの接合点が第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bによって保護されている。さらに、第1のトラス構造体40と第2のトラス構造体50との接合点も第3の樹脂層21cによって保護されている。

[0099] 樹脂層21を構成する樹脂は特に制限されず、第2の実施形態と同様の樹脂で構成されていても良い。この場合、第2の実施形態と同様の効果が得られる。さらに、第1のトラス構造体40と第2のトラス構造体50とを接合するための接着剤が不要になる。さらに、第1のトラス構造体40と第2のトラス構造体50との剥離強度を向上させることができる。また、第1のトラス構造体40の頭頂点41a上に第3の樹脂層21cを形成するだけで、第1のトラス構造体40と第2のトラス構造体50とを接合することができる。したがって、積層金属板14の生産性が向上する。

[0100] なお、第1の樹脂層21aの厚さ t_{a1} 、第2の樹脂層21bの厚さ t_{a2} 、及び第3の樹脂層21cの厚さ t_{a3} は特に制限されない。ただし、これらの厚さ t_{a1} 、 t_{a2} 、 t_{a3} の総和（樹脂層21の総厚さ）は、第1の金属板20aと第2の金属板20bとの距離に略一致させてもよい。樹脂層21の

総厚さを第1の金属板20aと第2の金属板20bとの距離に略一致させることで、積層金属板12の板厚方向の圧縮変形に対する強度をさらに向上させることができる。さらに、第1の金属板20a及び第2の金属板20bが第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50のみならず、樹脂層21で保持されることになる。このため、積層金属板15の切断時に第1の金属板20a及び第2の金属板20bが積層金属板15の厚さ方向に変動しにくい（厚さ方向にめり込みにくい）。

[0101] (5-2. 積層金属板の製造方法)

積層金属板14は、以下の工程により作製可能である。まず、第1の実施形態と同様の工程により第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製する。そして、第1のトラス構造体40の頭頂点41aと第2のトラス構造体50の頭頂点51aとを接合することで、コア層30aを作製する。具体的には、第1のトラス構造体40の頭頂点41a上に樹脂シートを積層する。ついで、加熱などによって樹脂シートを軟化させる。ついで、樹脂シート上から第2のトラス構造体50を第1のトラス構造体40に押し込むことで、第1のトラス構造体40の頭頂点41aと第2のトラス構造体50の頭頂点51aとを接触させる。ついで、樹脂シートを冷却する等により、樹脂シートを硬化させる。これにより、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50は、互いに接合される。また、樹脂シートは第3の樹脂層21cとされる。ただし、接合強度をさらに確保する観点からは、第1の実施形態と同様の方法による接合方法をさらに行ってもよい。その後は、第3の実施形態と同様の工程を行うことで、積層金属板14を作製する。

[0102] <6. 第5の実施形態>

 (6-1. 積層金属板の全体構成>

次に、図13に基づいて、第5の実施形態について説明する。第5の実施形態に係る積層金属板15は、コア層30を第1のトラス構造体40のみで構成し、かつ、第1の金属板20aと第2の金属板20bとの間を樹脂層21で充填したものである。すなわち、第5の実施形態では、第1の金属板2

0 aは、第1のトラス構造体40の頭頂点41 a（第1の頂点）に接合され、第2の金属板20 bは、第1のトラス構造体40の底頂点41 b（第2の頂点）に接合される。また、樹脂層21は、第1の金属板20 a及び第2の金属板20 bのコア層30側の表面に設けられることになる。

[0103] 樹脂層21を構成する樹脂は特に制限されず、第2の実施形態と同様の樹脂で構成されていても良い。ただし、樹脂層21の厚さは第1の金属板20 aと第2の金属板20 bとの距離（＝h）に略一致する。第5の実施形態では、第1の金属板20 aと第2の金属板20 bとの間を樹脂のみで充填した積層金属板よりもせん断変形及び板厚方向の圧縮変形に対する強度が大きくなる。ただし、トラス構造体の数が少ない分、せん断変形及び板厚方向の圧縮変形に対する強度は、図10に示す積層金属板12よりも小さい。

[0104] さらに、第1の金属板20 a及び第2の金属板20 bが第1のトラス構造体40のみならず、樹脂層21で保持されている。このため、積層金属板15の切断時に第1の金属板20 a及び第2の金属板20 bが積層金属板15の厚さ方向に変動しにくい（厚さ方向にめり込みにくい）。

[0105] なお、図13の例では、樹脂層21の厚さが第1の金属板20 aと第2の金属板20 bとの距離（＝h）に略一致しているが、樹脂層21の厚さは第1の金属板20 aと第2の金属板20 bとの距離（＝h）よりも小さくてもよい。この場合、第1の金属板20 aの表面、第2の金属板20 bの表面のそれぞれ（またはいずれか一方）に樹脂層21が形成され、かつ、樹脂層21の総厚さが第1の金属板20 aと第2の金属板20 bとの距離（＝h）よりも小さくなる。

[0106] （6－2．積層金属板の製造方法）

積層金属板15は、以下の工程により作製可能である。まず、第1の実施形態と同様の工程により第1のトラス構造体40を作製する。ついで、第1の金属板20 aの表面に樹脂シートを積層することで、第1の金属板20 aの表面に樹脂層21（第1の樹脂層21 a）を形成する。同様の工程により、第2の金属板20 bの表面に樹脂層21（第2の樹脂層21 b）を形成す

る。ここで、第1の樹脂層21aと第2の樹脂層21bとの総厚さは第1の金属板20aと第2の金属板20bとの距離(=h)に略一致する。なお、第1の金属板20a(または第2の金属板20b)の表面のみに樹脂層21を形成し、この樹脂層21の厚さを第1の金属板20aと第2の金属板20bとの距離(=h)に略一致させてもよい。また、樹脂層21の総厚さは第1の金属板20aと第2の金属板20bとの距離(=h)よりも小さくても良い。

[0107] ついで、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを加熱する等により、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを軟化させる。ついで、コア層30と第1の金属板20a及び第2の金属板20bとを接合する。この際、第1のトラス構造体40は、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bを押しつけて第1の金属板20a及び第2の金属板20bに接触する。また、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bは一体化し、単一層からなる樹脂層21が形成される。その後、樹脂層21を冷却する等により、樹脂層21を硬化させる。これにより、第1のトラス構造体40は、第1の金属板20a及び第2の金属板20bに接合される。すなわち、第1の樹脂層21a及び第2の樹脂層21bは接着剤として機能する。ただし、接合強度をさらに確保する観点からは、第1の実施形態と同様の方法による接合方法を行ってもよい。以上の工程により、積層金属板15を作製する。

実施例

[0108] (実施例1)

(積層金属板の作製)

実施例1では、以下の製法により第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を作製した。すなわち、正方形の開口が多数形成されたエキスパンドメタル(材質SPCC(JIS G3141)、フレームの太さ0.8mm)を用意し、このエキスパンドメタルをV字型の溝を付与した金型でプレス成形することで、正四角錐型のトラス40aを1列作製した。そして、エキスパンドメタルを同様の金型で繰り返しプレス成形することで、トラ

ス40aがマトリックス状に配置された第1のトラス構造体40を製造した。同様の工程により第1のトラス構造体40と同じ構造を有する第2のトラス構造体50も作製した。

[0109] そして、第2のトラス構造体50の頂点51が第1のトラス構造体40の頂点41間に配置されるように第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を重ねあわせた。具体的には、第2のトラス構造体50の頭頂点51aが第1のトラス構造体40の頭頂点41a間の中心に配置され、第2のトラス構造体50の底頂点51bが第1のトラス構造体40の底頂点41b間の中心に配置されるように、第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を重ねあわせた。これにより、コア層30を作製した。ついで、厚さの異なる複数種類の冷延鋼板（金属板20）を用意し、これらの金属板20を用いて頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板11の総厚の0.35、0.40、1.0、1.4、1.8、4.0、4.5倍となる複数種類の積層金属板11（実施例）を作製した。なお、金属板20とコア層30とは接着剤（エポキシ系）によって接合した。

[0110] なお、各積層金属板10では、第1の金属板20a、第2の金属板20bの厚さを同じとし、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} を金属板20（＝第1の金属板20a、第2の金属板20b）の厚さの10倍とした。

[0111] （折り曲げ試験）

以下の方法で折り曲げ試験を行った。具体的には、支点間距離100mmとし、ポンチ5Rで50mmまで押し込んだ。そして、折り曲げ部のトラスの頭頂点の角度、すなわち接合角度 θ_{11} の変化を目視で測定した。この結果、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板11の総厚の0.40、1.0、1.4、1.8、4.0倍となる場合の接合角度 θ_{11} の変化は、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板11の総厚の0.35、4.5倍となる場合の接合角度 θ_{11} の変化よりも小さかった。さらに、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板11の総厚の1.0、1.4、1.8倍となる場合の接合角度 θ_{11} の変化は、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板11の総厚の0.40、4.0倍とな

る場合の接合角度 θ_{11} の変化よりも小さかった。

[0112] また、各積層金属板 10 の折り曲げ部を目視で観察したが、金属板 20 のコア層 30 への陥入はほとんど見受けられなかった。

[0113] この結果、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板 11 の総厚の 0.4 倍以上 4.0 倍以下となる場合に、折り曲げ部の強度、成形性、及び外観がより向上することがわかった。さらに、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板 11 の総厚の 1.0 倍以上 1.8 倍以下であることがより好ましいこともわかった。また、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が金属板 20 の厚さの 10 倍以下となる場合に、金属板 20 がコア層 30 にほとんど陥入しないこともわかった。

[0114] 次に、比較例 1 として、コア層 30 に第 1 のトラス構造体 40 のみを用いた積層金属板 100（比較例 1）を作製した。積層金属板 100 の頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} は積層金属板 100 の総厚の 0.40 倍であり、金属板 20（＝第 1 の金属板 20a、第 2 の金属板 20b）の厚さの 10 倍であった。実施例 1 と同様の折り曲げ試験を実施した結果、比較例に係る積層金属板 100 の接合角度 θ_7 の変化は、いずれも実施例 1 に係る積層金属板 11 の接合角度 θ_{11} の変化よりも大きく、金属板 20 がコア層 30 に陥入することがわかった。以上の結果より、実施例に係る積層金属板 11 は、比較例に係る積層金属板 100 よりも折り曲げ部の強度、成形性、及び外観が向上したことがわかった。

[0115] （実施例 2）

実施例 1 で作製した第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 の頭頂点 41a、51a 間を接合することで、実施例 2 に係るコア層 30a を作製した。ついで、厚さの異なる複数種類の冷延鋼板（金属板 20）を用意し、これらの金属板 20 を用いて頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板 13 の総厚の 0.35、0.40、1.0、1.4、1.8、4.0、4.5 倍となる複数種類の積層金属板 13（実施例）を作製した。なお、金属板 20 とコア層 30a との接合、及び第 1 のトラス構造体 40 及び第 2 のトラス構造体 50 同士の接合は実施例 1 と同様の方法により行った。なお、各積層金

属板 13 では、第 1 の金属板 20 a、第 2 の金属板 20 b の厚さを同じとし、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} を金属板 20 (= 第 1 の金属板 20 a、第 2 の金属板 20 b) の厚さの 10 倍とした。

[0116] 次に、比較例 2 のコア層として、トラスがトラス 40 a の 2 倍の大きさを有するトラス構造体を用意した。その後の工程は実施例 2 と同様にして比較例 2 に係る積層金属板 100 を作製した。積層金属板 100 の頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} は積層金属板 100 の総厚の 0.40 倍であり、金属板 20 (= 第 1 の金属板 20 a、第 2 の金属板 20 b) の厚さの 10 倍であった。そして、積層金属板 13、100 のそれぞれについて、実施例 1 と同様の折り曲げ試験を行った。この結果、実施例 1 と同様の結果が得られた。

[0117] (実施例 3)

実施例 1 と同様の製造方法により、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が積層金属板 11 の総厚の 0.40 倍であり、金属板 20 (= 第 1 の金属板 20 a、第 2 の金属板 20 b) の厚さの 30 倍、35 倍である積層金属板 11 を作製した。そして、実施例 1 と同様の折り曲げ試験を行い、折り曲げ部を目視で観察した。この結果、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が金属板 20 の厚さの 30 倍となる場合、金属板 20 のコア層 30 への若干の陥入が見受けられた。また、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} が金属板 20 の厚さの 35 倍となる場合、金属板 20 のコア層 30 へのさらなる陥入が見受けられた。この結果、金属板 20 の陥入防止の観点から、頂点間距離 W_{L1} 、 W_{L2} は、金属板 20 の厚さの 30 倍以下が好ましく、10 倍以下がより好ましいことがわかった。実施例 2 の積層金属板 13 についても同様の実験を行ったが、同様の結果が得られた。

[0118] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施形態について詳細に説明したが、本発明はかかる例に限定されない。本発明の属する技術の分野における通常の知識を有する者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、これらについても、当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

[0119] 例えば、上記実施形態では、2つの第1のトラス構造体40及び第2のトラス構造体50を用いてコア層30を作製したが、3つ以上のトラス構造体を用いてコア層30を作製してもよい。

符号の説明

[0120]	10	積層金属板
	20	金属板
	20a	第1の金属板
	20b	第2の金属板
	21	樹脂層
	21a	第1の樹脂層
	21b	第2の樹脂層
	21c	第3の樹脂層
	30、30a	コア層
	40	第1のトラス構造体
	41	頂点
	50	第2のトラス構造体
	51	頂点

請求の範囲

- [請求項1] フレームで構成されるトラスがマトリックス状に配置された第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体を備えるコア層と、
前記コア層の一方の表面に設けられ、少なくとも前記第1のトラス構造体の頂点に接合される第1の金属板と、
前記コア層の他方の表面に設けられ、少なくとも前記第2のトラス構造体の頂点に接合される第2の金属板と、を備え、
前記第1のトラス構造体は、前記第2のトラス構造体及び前記第2の金属板のうち少なくとも一方に接合され、
前記第2のトラス構造体は、前記第1のトラス構造体及び前記第1の金属板のうち少なくとも一方に接合されることを特徴とする、積層金属板。
- [請求項2] 前記フレームは金属で構成されることを特徴とする、請求項1記載の積層金属板。
- [請求項3] 前記第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体のうち、少なくとも一方のトラス構造体は、金属板を成形することで作製されることを特徴とする、請求項2記載の積層金属板。
- [請求項4] 前記第1のトラス構造体及び第2のトラス構造体のうち、少なくとも一方のトラス構造体は、パンチングメタルを成形することで作製されることを特徴とする、請求項3記載の積層金属板。
- [請求項5] 前記フレームは樹脂で構成されることを特徴とする、請求項1記載の積層金属板。
- [請求項6] 前記第1のトラス構造体の頂点は、前記第1及び第2の金属板に接合され、
前記第2のトラス構造体の頂点は、前記第1及び第2の金属板に接合され、かつ、前記第1のトラス構造体の頂点間に配置されることを特徴とする、請求項1～5の何れか1項に記載の積層金属板。
- [請求項7] 前記第2のトラス構造体の頂点は、前記第1のトラス構造体の頂点

間の中心に配置されることを特徴とする、請求項 6 記載の積層金属板。

[請求項 8] 前記第 1 の金属板の前記コア層側の表面、及び前記第 2 の金属板の前記コア層側の表面のうち、少なくとも一方に形成された樹脂層を備えることを特徴とする、請求項 6 または 7 に記載の積層金属板。

[請求項 9] 前記樹脂層の総厚さは、前記コア層の厚さに略一致することを特徴とする、請求項 8 記載の積層金属板。

[請求項 10] 前記樹脂層は、熱可塑性樹脂で構成されることを特徴とする、請求項 8 または 9 に記載の積層金属板。

[請求項 11] 前記第 1 のトラス構造体上に前記第 2 のトラス構造体が積層され、かつ、前記第 1 のトラス構造体の頂点と前記第 2 のトラス構造体の頂点とが接合されていることを特徴とする、請求項 1 ～ 5 の何れか 1 項に記載の積層金属板。

[請求項 12] 前記第 1 の金属板の前記コア層側の表面、前記第 2 の金属板の前記コア層側の表面、及び前記第 1 のトラス構造体と前記第 2 のトラス構造体との接合部分のうち、少なくとも 1 つ以上の部分に形成された樹脂層を備えることを特徴とする、請求項 11 記載の積層金属板。

[請求項 13] 前記樹脂層の総厚さは、前記コア層の厚さに略一致することを特徴とする、請求項 12 記載の積層金属板。

[請求項 14] 前記樹脂層は、熱可塑性樹脂で構成されることを特徴とする、請求項 12 または 13 に記載の積層金属板。

[請求項 15] 前記第 1 の金属板に接合される頂点間の距離、及び前記第 2 の金属板に接合される頂点間の距離のうち、少なくとも一方は、前記積層金属板の総厚の 0.4 倍以上 4.0 倍以下であることを特徴とする、請求項 1 ～ 14 のいずれか 1 項に記載の積層金属板。

[請求項 16] 前記第 1 の金属板に接合される頂点間の距離、及び前記第 2 の金属板に接合される頂点間の距離のうち、少なくとも一方は、以下の数式 (1) の条件を満たすことを特徴とする、請求項 1 ～ 15 の何れか 1

項に記載の積層金属板。

$$0.57 \leq w/h \leq 3.7/\alpha \quad (1)$$

前記数式(1)において、

wは、前記第1の金属板に接合される頂点間の距離、または前記第2の金属板に接合される頂点間の距離を示し、

hは、前記第1の金属板と前記第2の金属板との距離を示し、

α は、曲げ加工時における前記コア層と前記第1の金属板または前記第2の金属板との接合角度の変化率を示す。

[請求項17] 前記コア層と前記第1の金属板または前記第2の金属板との接合角度は、 $60 \sim 150^\circ$ であることを特徴とする、請求項1～16のいずれか1項に記載の積層金属板。

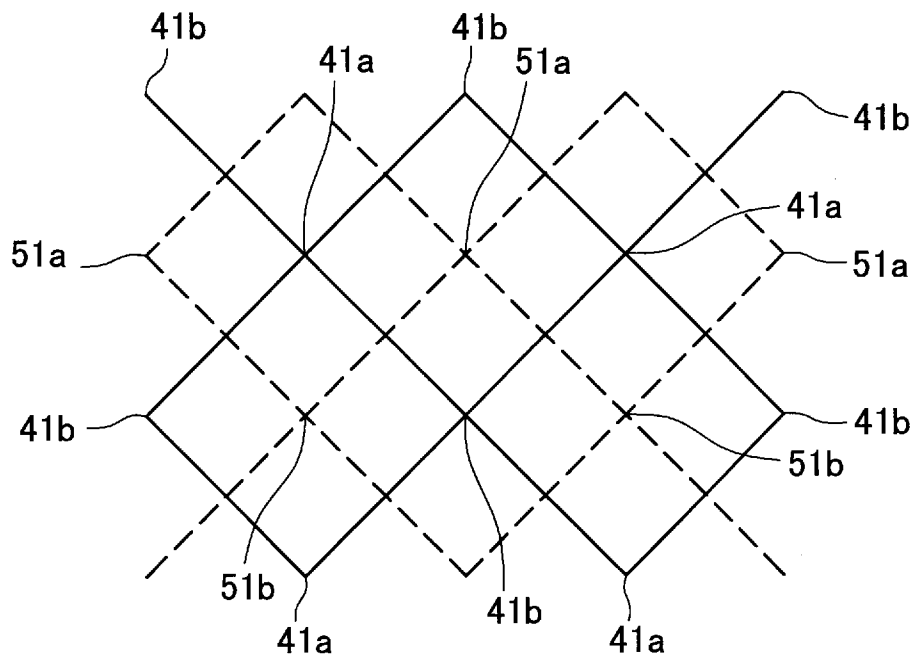
[請求項18] 金属フレームで構成されるトラスがマトリックス状に配置されたトラス構造体を備えるコア層と、

前記コア層の一方の表面に設けられ、前記トラス構造体を構成する第1の頂点に接合される第1の金属板と、

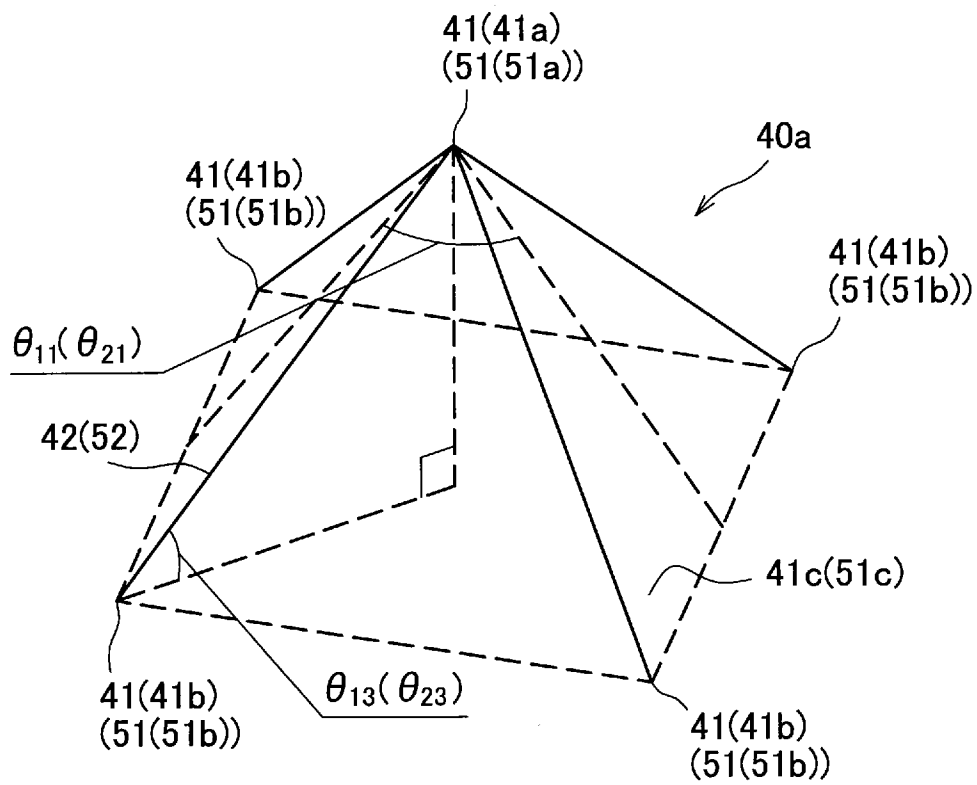
前記コア層の他方の表面に設けられ、前記トラス構造体を構成する第2の頂点に接合される第2の金属板と、

前記第1の金属板の前記コア層側の表面、及び前記第2の金属板の前記コア層側の表面のうち、少なくとも一方に形成された樹脂層と、を備えることを特徴とする、積層金属板。

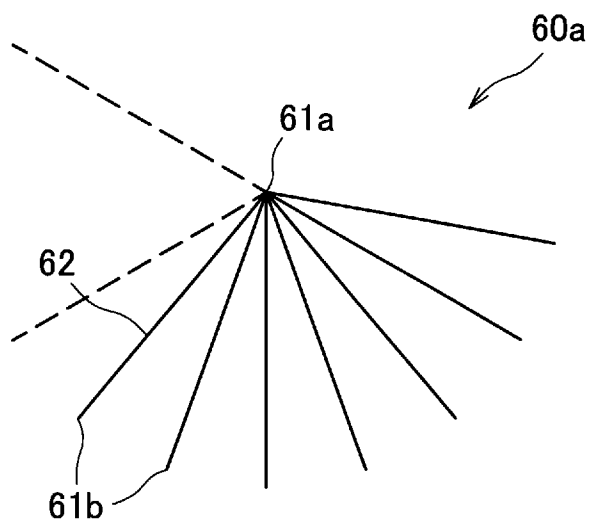
[図3]



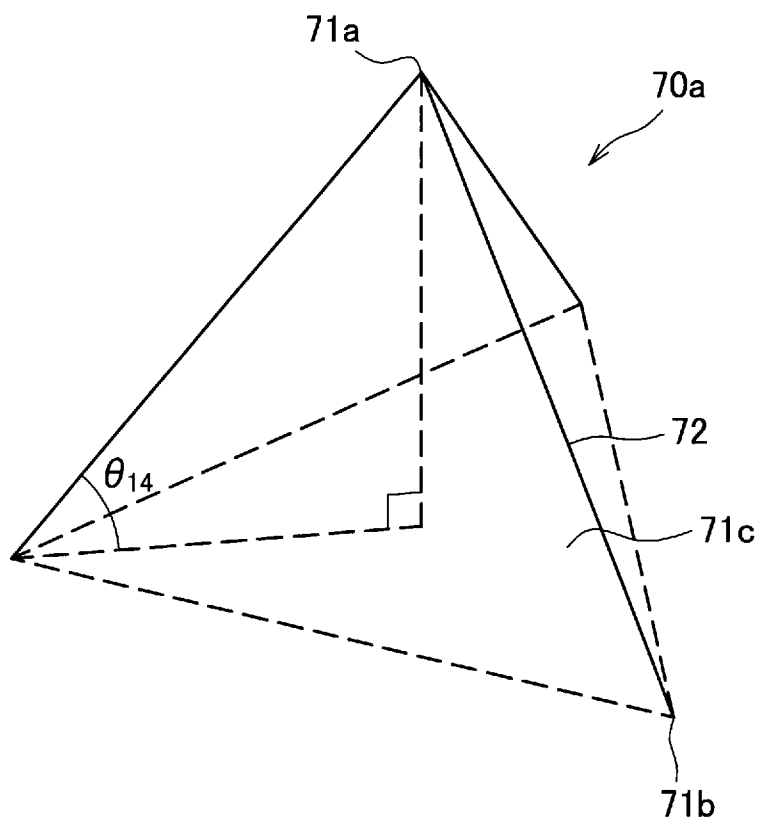
[図4]



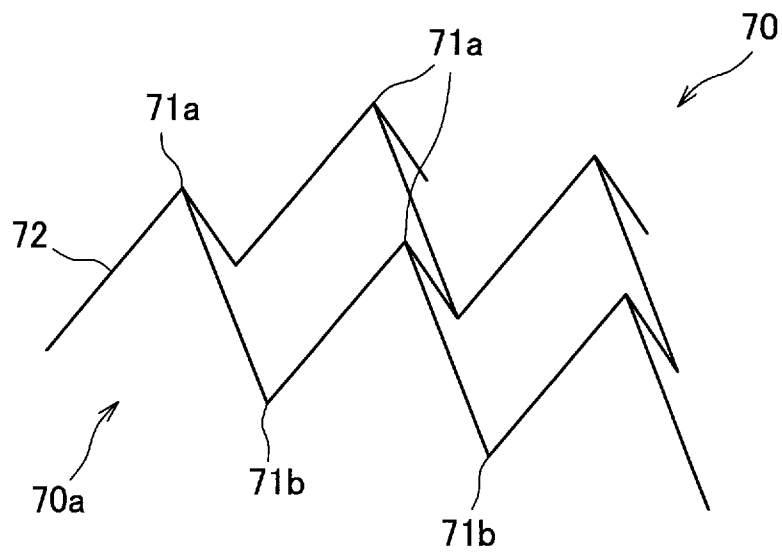
[図5]



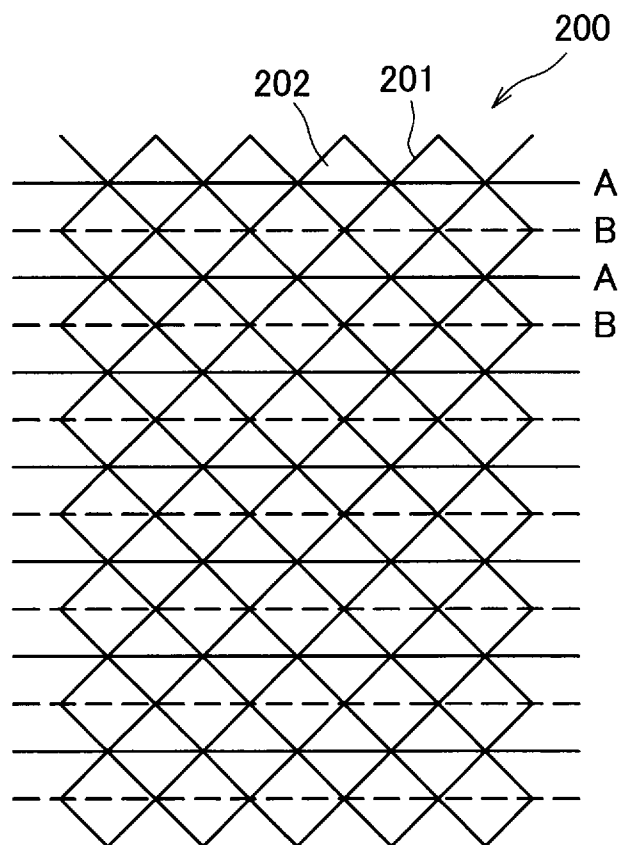
[図6]



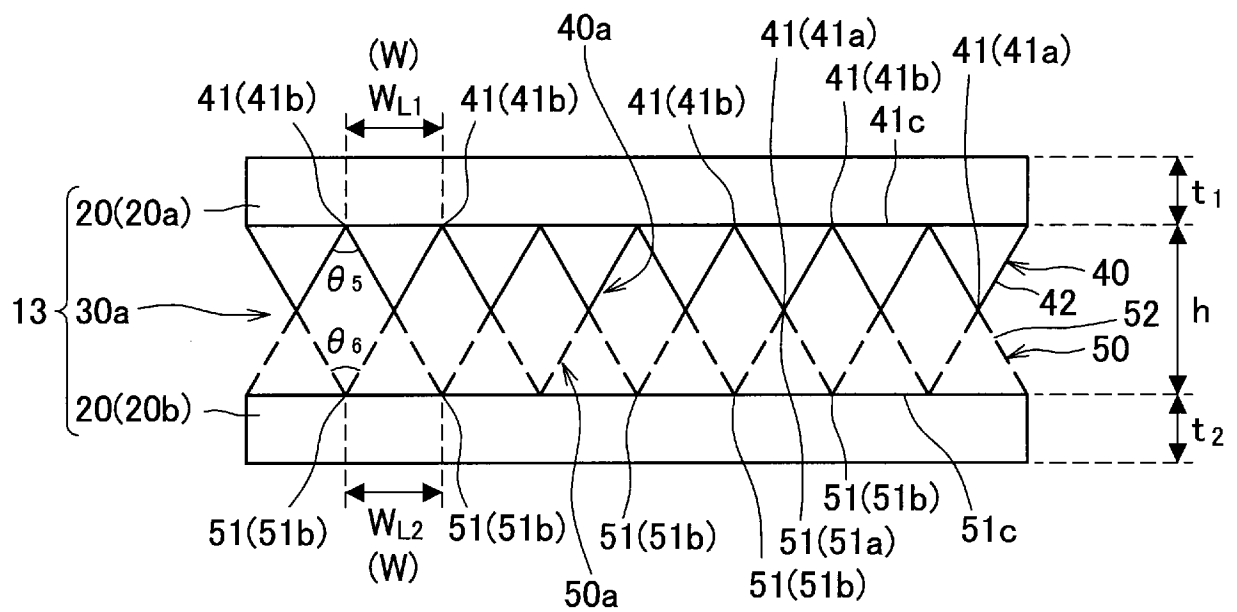
[図7]



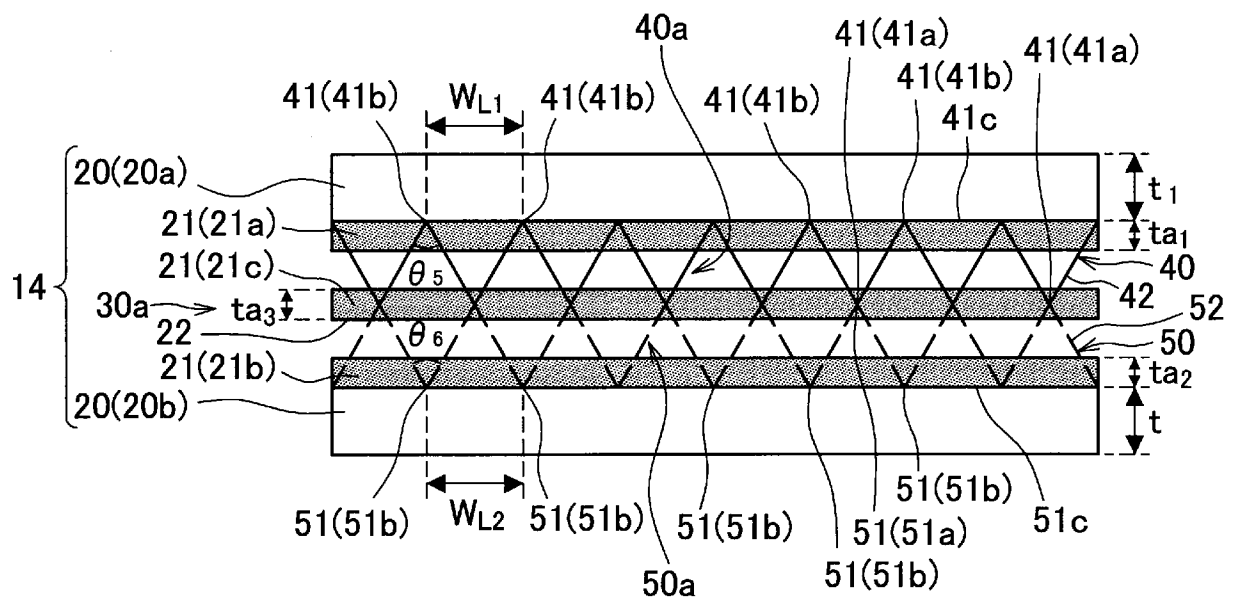
[図8]



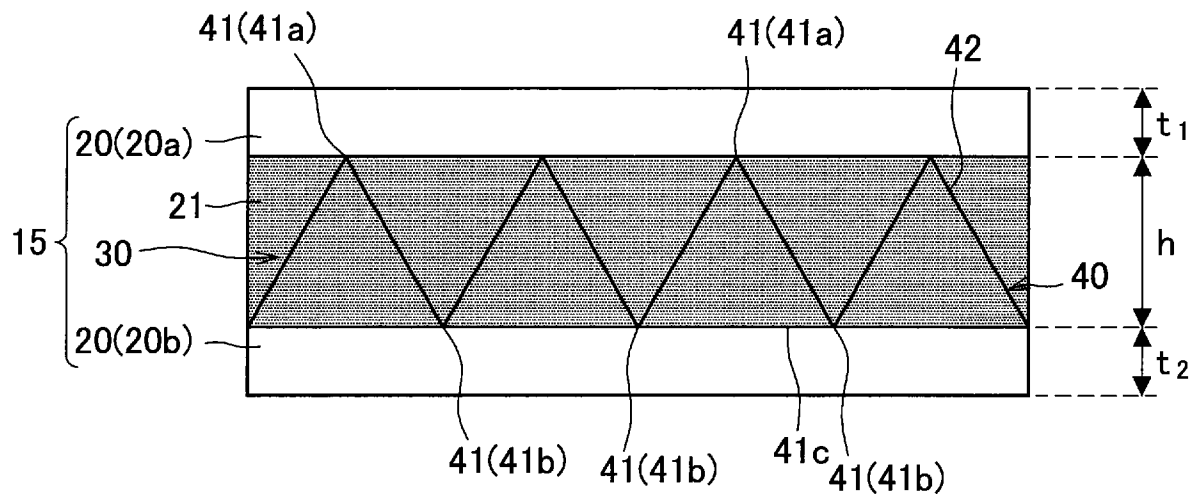
[図11]



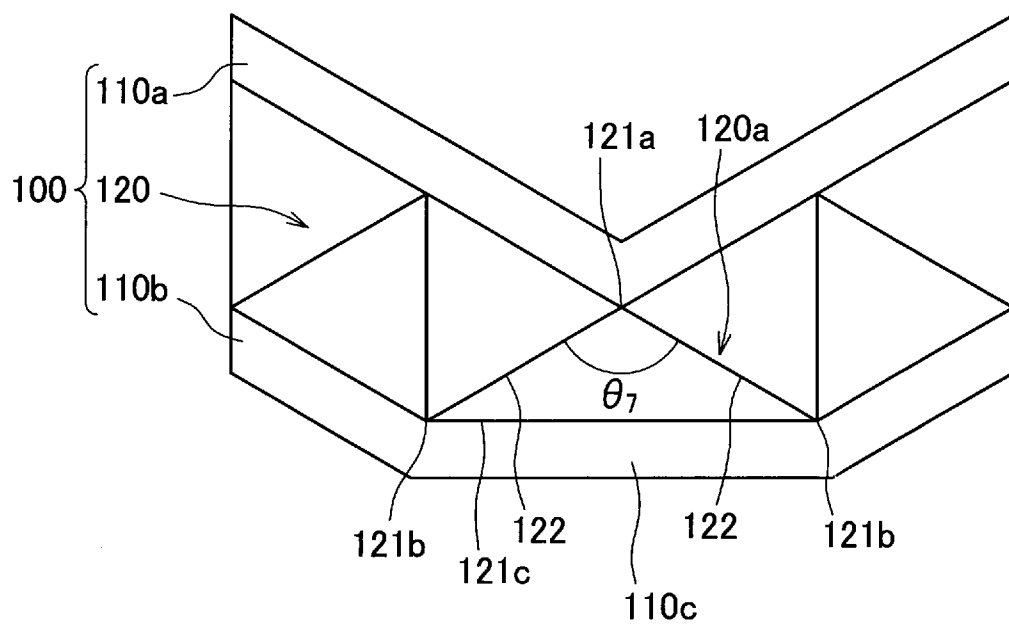
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/070100

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B15/02(2006.01)i, B62D21/00(2006.01)i, B62D29/04(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)

B32B15/02, B62D21/00, B62D29/04

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X	JP 11-166290 A (Akira TASHIRO), 22 June 1999 (22.06.1999), claims; paragraphs [0015] to [0028]; drawings (Family: none)	1-18
X	JP 2001-182216 A (Akira TASHIRO), 03 July 2001 (03.07.2001), claims; examples; drawings (Family: none)	1-18

☒ 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
08 October 2015 (08.10.15)

Date of mailing of the international search report
20 October 2015 (20.10.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/070100

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 168285/1980 (Laid-open No. 102027/1981) (Idemitsu Kosan Co., Ltd.), 11 August 1981 (11.08.1981), claims; page 4, line 5 to page 6, the last line; drawings (Family: none)	1-18

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. B32B15/02(2006.01)i, B62D21/00(2006.01)i, B62D29/04(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. B32B15/02, B62D21/00, B62D29/04

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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
X	JP 11-166290 A（田代 侃）1999.06.22, 請求の範囲、段落0015-0028、図面（ファミリーなし）	1-18
X	JP 2001-182216 A（田代 侃）2001.07.03, 請求の範囲、実施例、図面（ファミリーなし）	1-18
X	日本国実用新案登録出願55-168285号（日本国実用新案登録出願公開56-102027号）の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（出光興産株式会社）1981.08.11, 請求の範囲、4頁5行-6頁末行、図面（ファミリーなし）	1-18

☐ 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

08.10.2015

国際調査報告の発送日

20.10.2015

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）

加賀 直人

4 S

9843

電話番号 03-3581-1101 内線 3474