

(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
2014 年 1 月 23 日(23.01.2014)



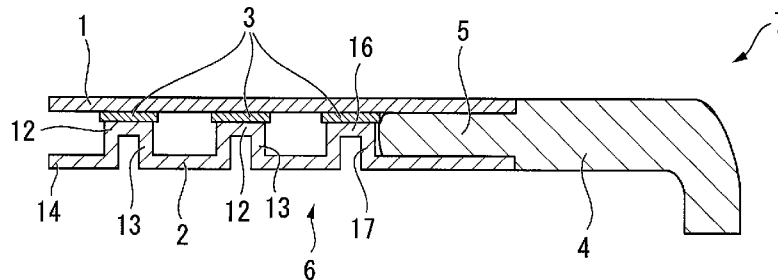
(10) 国際公開番号

WO 2014/014051 A1

- (51) 国際特許分類:
B32B 5/28 (2006.01) B29C 65/48 (2006.01)
B29C 43/18 (2006.01) B32B 3/30 (2006.01)
B29C 45/14 (2006.01) B29K 105/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/069500
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 18 日(18.07.2013)
- (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 2012-159553 2012 年 7 月 18 日(18.07.2012) JP
特願 2013-081019 2013 年 4 月 9 日(09.04.2013) JP
- (71) 出願人: 三菱レイヨン株式会社(MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1008253 東京都千代田区丸の内一丁目 1 番 1 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 高野 恒男(TAKANO Tsuneo); 〒4408601 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP). 風早 祐二(KAZEHAYA Yuuji); 〒4408601 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP). 西村 光史(NISHIMURA Mitsushi); 〒4408601 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP). 前田 明宏(MAEDA Akihiro); 〒4408601 愛知県豊橋市牛川通四丁目 1 番地の 2 三菱レイヨン株式会社 豊橋事業所内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 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, IS, JP, KE, KG, 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, PA, 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, 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: FIBER REINFORCED COMPOSITE MATERIAL STRUCTURE AND COMPOSITE MATERIAL MOLDING USING SAME AS WELL AS MANUFACTURING METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 繊維強化複合材料構造体およびそれを用いた複合材料成形体、ならびにその製造方法



(57) Abstract: The fiber-reinforced composite material structure (6) is provided with: a thin sheet (2), which has a first surface and multiple protrusions (11) that have a top face (12) and protrude from the first surface in a regular arrangement; and a surface material (1), which has a second surface and is bonded to the top faces (12) at the second surface.

(57) 要約: 繊維強化複合材料構造体 (6) であって、第一面と、頂面 (12) を有するとともに記第一面上に突出し規則的に配置された複数の凸部 (11) とを有する薄板 (2) と、第二面を有し、前記第二面で前記頂面 (12) と接合されている表面材 (1) と、を備える。

WO 2014/014051 A1

明 細 書

発明の名称：

繊維強化複合材料構造体およびそれを用いた複合材料成形体、ならびにその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、軽量性、薄肉性、及び剛性に優れた繊維強化複合材料構造体に関する。詳しくは、本発明の繊維強化複合材料構造体は、連続した強化繊維とマトリックス樹脂から形成される薄板の片面に連続した強化繊維とマトリックス樹脂から形成される表面材が接合されてなり、特に軽量性と薄肉性に優れた特性を有する。

本願は、２０１２年７月１８日に、日本に出願された特願２０１２－１５９５５３号及び２０１３年４月９日に、日本に出願された特願２０１３－０８１０１９号、に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 繊維強化樹脂複合材料（以下「ＦＲＰ」という。）は、軽量でかつ高強度及び高剛性であるため、スポーツ、又はレジャー用途から、自動車又は航空機等の産業用途まで、幅広く用いられている。

[0003] ＦＲＰはパーソナルコンピューターなどの電気電子機器、家電機器、および医療機器の筐体にも用いられる。パーソナルコンピューターおよび電話などの電気電子機器はモバイル化により、これらの機器を構成する部品が、小型、軽量、および薄肉である必要がある。特に、これらの機器の筐体については、外部から荷重がかかった場合に、筐体の一部が撓んで、内部部品と接触し内部部品が破損したり、筐体自体が破壊したりすることがないように高強度、および高剛性などである必要がある。

[0004] 特許文献１には、ハニカム構造、島状構造、または、表面と平行方向に貫通した空隙部位を有する構造のうちの少なくとも１つの構造を形成する芯材（１）と、前記芯材（１）の両面に配置された、連続した強化繊維とマトリ

ックス樹脂で構成される繊維強化材（１１）から形成されるサンドイッチ構造体（１１１）が開示されている。この構造体は軽量性、薄肉性、および量産性に優れた構造部材として有用であるとされているが、芯材（１）の両面に繊維強化材（１１）を配置するため、軽量性、薄肉性、および量産性を妨げる要因となっている。

[0005] また、特許文献１には、サンドイッチ構造体（１１１）の外周に、ボスリブ部、およびヒンジ部を有するフレームとして樹脂構造体（熱可塑性樹脂組成物）を形成するために、サンドイッチ構造体（１１１）の最表層に熱可塑性樹脂層を設けて、アウトサート射出成形を行うことが開示されている。特許文献１では、熱可塑性樹脂層を配置した部分を約５mmのオーバーラップ長で接合することで強固に一体化される利点があると開示されている。しかしながら、特許文献１に開示された構造体においては、サンドイッチ構造体（１１１）と樹脂構造体との接合部が、樹脂構造体の上面に位置している。すなわち、サンドイッチ構造体（１１１）と、樹脂構造体とが上下に重なり合って接合部が形成されているため、この重なり合った接合部におけるサンドイッチ構造体（１１１）の厚みが、筐体の薄肉化を妨げる要因となっている。

[0006] また、サンドイッチ構造体（１１１）が、樹脂構造体の上面に位置するため、サンドイッチ構造体（１１１）の側端面が製品外観面に位置して形成されているので、製品外観を良くするのに限界がある。

[0007] 特許文献２では、板状部材と樹脂構造体とからなり、前記板状部材は、上面側と下面側とに位置する表層基材と前記上面側の基材と前記下面側の基材との両表層基材の間に位置するコア層基材とから形成されることが開示されている。特許文献２において、前記各表層基材は、繊維強化樹脂から形成され、前記コア層基材は、前記各表層基材を形成する前記繊維強化樹脂よりも軟質の軟質材料から形成されている複合成形品が開示されている。特許文献２においては、この複合成形品は軽量性、薄肉性に優れた複合成形品として有用であると開示されているが、表層基材の間に軟質材料から形成されてい

るコア層基材を配置するため、軽量性、および薄肉性を妨げる要因となっている。

- [0008] また、特許文献2では、前記板状部材と前記樹脂構造体とが互いに向かい合う側端面において接合された接合面を有し、前記接合面の少なくとも一部の接合面は、前記各表層基材の側端面と前記樹脂構造体の側端面とが凹凸形状を有して接合された凹凸形状接合面であり、かつ、前記凹凸形状接合面において、前記樹脂構造体の先端部が前記両表層基材の間に嵌入している樹脂構造体嵌入先端部を有する複合成形品が開示されている。特許文献2においては、これらの接合面は十分な接合強度を得られることができると開示されている。射出成形時の樹脂の流動性が低い場合、又は射出圧力を高くできない場合などには、樹脂構造体のコア層基材への凸形状の侵入が充分ではなく、板状部材と樹脂構造体との十分な接合強度を妨げる要因となっている。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：日本国特開2008-230235号公報
特許文献2：国際公開WO2009/034906号パンフレット

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 本発明の目的は従来技術の問題点に鑑み、軽量性および薄肉性に優れた繊維強化複合材料構造体を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0011] 本発明の第一態様にかかる繊維強化複合材料構造体は、第一面と、頂面を有するとともに前記第一面上に突出し規則的に配置された複数の凸部とを有する薄板と、第二面を有し、前記第二面で前記頂面と接合されている表面材と、を備える。

前記複数の凸部のうちの凸部において、前記凸部の頂面の形状及び前記凸部と前記第一面との境界線で囲まれる第1領域の形状が、正方形、長方

形、菱形、三角形、五角形、六角形、円形、楕円形、丸角正方形、丸角長方形、丸角菱形、丸角三角形、丸角五角形、及び丸角六角形から選択される少なくとも１種であることが好ましい。

前記複数の凸部は、一つの第１凸部と、前記第１凸部に隣り合う第２凸部とを有し、前記第一面と垂直な方向における前記第１凸部の中心軸と、前記第２凸部の中心軸との間隔によって凸部ピッチが規定され、前記凸部ピッチが前記第１領域の最小径の１．６～２．４倍であることが好ましい。

前記複数の凸部が規則的に設けられた第２領域において、前記第２領域の面積が α で定義され、前記複数の凸部の前記頂面の面積の合計が β で定義され、比 β/α が５％以上４０％未満であることが好ましい。

前記複数の凸部のうち一つの凸部において、前記凸部の頂面の面積が前記薄板の板厚の２乗の５倍以上～５００倍未満であることが好ましい。

前記複数の凸部の高さが前記薄板の板厚の０．５倍以上１０倍未満であることが好ましい。

前記薄板は強化繊維を含み、前記複数の凸部の配列が、前記強化繊維における繊維の長さ方向に対して０°および９０°方向に配列する正方配列ならびに長方配列、または前記複数の凸部の配列方向が前記繊維の長さ方向に対して角度をなす千鳥配列から選択される少なくとも１種の配列を含むことが好ましい。

前記複数の凸部の各々において、前記頂面に平行な方向の断面における最小値フェレ径が、前記薄板の板厚の３倍以上３０倍未満であることが好ましい。

前記複数の凸部の各々の先端部に凹状の窪みを有することが好ましい。

本発明の第二態様の複合材料成形体は、前記第一態様の繊維強化複合材料構造体と、前記薄板の端部と前記表面材の端部との間に形成される空間に充填された接合部と、前記接合部によって前記繊維強化複合材料構造体と接合される樹脂構造体と、を備える。

本発明の第二態様の複合材料成形体においては、前記第一面上に突出し、

前記複数の凸部を囲むように連続して配置される凸条をさらに備え、前記凸条と、前記薄板の前記端部と、前記表面材の前記端部とで囲まれる空間に、前記接合部が充填されていることが好ましい。

本発明の第二態様の複合材料成形体においては、前記第一態様の繊維強化複合材料構造体と前記樹脂構造体との接合界面に設けられた接着剤層を有することが好ましい。

前記樹脂構造体が熱可塑性樹脂を含むことが好ましい。

前記樹脂構造体がさらにガラス繊維を含むことが好ましい。

本発明の第三態様にかかる複合材料成形体の製造方法は、強化繊維と熱硬化性樹脂組成物とを含むプリプレグ積層体を準備し、突起または窪みを有する型を用いて前記プリプレグ積層体を加熱加圧して、複数の凸部を有する薄板を作製し、前記薄板の前記凸部の頂面に表面材を接合することで繊維強化複合材料構造体を作製し、樹脂材料を前記薄板と前記表面材との間に注入射出して、前記樹脂材料を含む樹脂構造体と前記繊維強化複合材料構造体とを接合する。

発明の効果

[0012] 本発明の第一態様にかかる繊維強化複合材料構造体は、薄板の凸部の頂面に表面材を接着接合する接着剤の量を減少させつつ、十分な剛性を保ちつつ、薄肉化および軽量化できる。更に、本発明の第一態様にかかる繊維強化複合材料構造体は、樹脂構造体との接合強度に優れた、本発明の第二態様にかかる複合材料成形体を提供できる。本発明の第二態様にかかる複合材料成形体はパーソナルコンピューターなどの電気電子機器の筐体として好適に用いることが出来る。また、軽量化が要求される航空機部品、自動車部品、建材、家電機器、および医療機器などにも適用できる。

また、本発明の第三態様は、このような複合材料成形体の製造方法である。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の実施形態にかかる複合材料成形体の一例を示す断面図である。

[図2]本発明の実施形態にかかる薄板を成形するための突起を有する型の一例

を示す斜視図である。

[図3]本発明の実施形態にかかる図2に示した型を用いて成形される薄板の一例を示す斜視図である。

[図4A]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図4B]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図4C]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図4D]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図5]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部が凸条である一例を示す斜視図である。

[図6]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部が格子状の凸条である一例を示す斜視図である。

[図7]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。
。

[図8]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。
。

[図9]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状において、複数の形又はサイズが混合されている一例を示す斜視図である。

[図10]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部が枠状の凸条である一例を示す斜視図である。

[図11]本発明の実施形態にかかる複合材料成形体の一例を示す断面図である。
。

[図12]本発明の実施形態にかかる薄板の一例を示す斜視図である。

[図13A]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図13B]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の横断面形状の一例を示す断面図である。

[図14]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。

[図15]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。

[図16]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。

[図17]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。

[図18]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状の一例を示す斜視図である。

[図19]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図20]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図21]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図22]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図23]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図24]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図25]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図26]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価方法の一例を示す斜視図である。

[図27]本発明の実施例で評価される薄板の形状の一例を示す斜視図である。

[図28]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図29]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図30]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図31]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図32]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図33]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図34]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図35]本発明の実施形態にかかる薄板の凸部の形状と配列の一例を示す上面図である。

[図36]本発明の実施例にかかる複合材料成形体の剛性評価結果の一例を示すグラフである。

[図37]本発明の実施形態にかかる凸条のピッチについて示す図である。

発明を実施するための形態

[0014] 以下に、本発明の第1実施形態にかかる繊維強化複合材料構造体、および、これを用いた複合材料成形体について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は、図面に記載の発明に限定されない。

[0015] 図1及び図11は本発明の第1実施形態にかかる複合材料成形体7の一例を示す図である。この複合材料成形体7は、繊維強化複合材料構造体6（以下、複合材料構造体6と呼ぶことがある）と樹脂構造体4とを含む。繊維強化複合材料構造体6は、強化繊維とマトリクス樹脂（熱硬化性樹脂等）とを

含み、複数の凸部 11 を有する薄板 2 の凸側面（複数の凸部 11 の複数の頂面 12）に、強化繊維とマトリックス樹脂（熱硬化性樹脂等）とで構成された表面材 1 が、接着剤 3 で接着接合された構造となっている。樹脂構造体 4 の繊維強化複合材料構造体 6 の近傍に位置する端部（樹脂構造体 4 の接合部 5）は、繊維強化複合材料構造体 6 の端部において薄板 2 と表面材 1 の間に嵌入して、繊維強化複合材料構造体 6 に接合されている。

なお、表面材 1 および薄板 2 の作製に用いるマトリックス樹脂として、熱可塑性樹脂を用いた場合には、接着剤 3 を用いて表面材 1 と薄板 2 とを接着接合する代わりに、表面材 1 と薄板 2 とを融着接合することも可能である。

[0016] 薄板 2 は、マトリックス樹脂を強化繊維で補強した材料である。マトリックス樹脂としては、熱硬化性樹脂、および熱可塑性樹脂が挙げられ、中でも剛性の点で、熱硬化性樹脂が好適に用いられる。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、マレイミド樹脂、又はフェノール樹脂等が挙げられる。補強繊維として炭素繊維を用いる場合は、炭素繊維との接着性の点で、エポキシ樹脂又はビニルエステル樹脂が好適に用いられる。

[0017] 表面材 1 は、マトリックス樹脂を強化繊維で補強した材料である。マトリックス樹脂としては、熱硬化性樹脂、および熱可塑性樹脂が挙げられ、中でも剛性の点で、熱硬化性樹脂が好適に用いられる。熱硬化性樹脂としては、例えば、エポキシ樹脂、ビニルエステル樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、ポリイミド樹脂、マレイミド樹脂、又はフェノール樹脂等が挙げられる。補強繊維として炭素繊維を用いる場合は、炭素繊維との接着性の点で、エポキシ樹脂又はビニルエステル樹脂が好適に用いられる。

[0018] 薄板 2 と表面材 1 に用いる強化繊維としては、例えば、炭素繊維、ガラス繊維、アラミド繊維、ボロン繊維、炭化珪素繊維、高強度ポリエチレン、PBO 繊維、又はステンレススチール繊維などが挙げられ、中でも軽量化と剛性の点で、炭素繊維が好適に用いられる。また、補強繊維の形態としては、長繊維および短繊維が挙げられ、中でも剛性の点で、長繊維が好適に用いら

れる。

[0019] 長繊維の形態としては、多数の長繊維を一方向に揃えて並べてシート状とした材料（一方向性シート、以下、UDシートと呼ぶ）、又は長繊維から形成される織物などが挙げられる。特に、剛性に優れる点で、長繊維が 0° および 90° に配向するように、UDシートを積層した形態、または長繊維から形成される織物を積層した形態が好ましい。

[0020] 薄板2と表面材1の製造方法には特に制限はないが、例えば、熱硬化性樹脂を用いたプレス成形法、ハンドレイアップ成形法、スプレーアップ成形法、真空バッグ成形法、オートクレーブ成形法、またはレジントランスファー成形法を用いることができる。とりわけ、量産性の観点から、プレス成形法が好適に用いられる。

[0021] 繊維強化複合材料構造体6と樹脂構造体4とを接合し、一体化する際に、繊維強化複合材料構造体6と樹脂構造体4との両者の間の接合界面に優れた接着性を有する接着剤層（接着剤3の層）を設けてもよい。接着剤層を構成する接着剤としては、アクリル系、エポキシ系、又はスチレン系などの良く知られている接着剤を用いることができ、例えば、エポキシ樹脂接着剤、ウレタン接着剤、又はゴム強化メチルメタクリレートなどを好ましく用いることができる。

なお、表面材1および薄板2の作製に用いるマトリクス樹脂として、熱可塑性樹脂を用いた場合には、接着剤3を用いて表面材1と薄板2とを接着接合する代わりに、表面材1と薄板2とを融着接合してもよい。

[0022] 樹脂構造体4に使用される樹脂としては、特に制限はないが、射出成形などを用いた接合形状作製の観点からは、熱可塑性樹脂が好ましく用いられる。

[0023] 樹脂構造体4に熱可塑性樹脂を用いる場合には、特に制限はないが、耐熱性、および耐薬品性の観点からポリフェニレンスルフィド（PPS）が、成形品外観および寸法安定性の観点からポリカーボネート（PC）、ポリフェニレンエーテル（PPE）、またはスチレン系樹脂が、成形品の強度および

耐衝撃性の観点から、ポリアミド（PA）がより好ましく用いられる。

[0024] 複合材料成形体 7 の高強度、高剛性化を実現するために、樹脂構造体 4 の樹脂として、強化繊維が含有された樹脂を用いることも好ましい。強化繊維としては、上述の強化繊維が例示される。樹脂構造体 4 が電波透過性を必要とする場合には、強化繊維として、ガラス繊維を用いることが好ましい。

[0025] 図 3 ～ 9, 図 1 2, 図 1 3 A, および図 1 3 B は本発明の第 1 実施形態にかかる薄板 2 に形成される複数の凸部の形状の一例を示す図である。

本発明の第 1 実施形態にかかる薄板 2 は、ベース部 1 4（薄板 2 において、基底面である第一面を有する基底部）と 1 つ以上の凸部 1 1 を含む。凸部 1 1 は、頂面部（頂面）1 2、および頂面部 1 2 とベース部 1 4 とをつなぐ接続面 1 3（凸部 1 1 の側面）から形成される。なお、前記第一面は、薄板 2 において、凸部 1 1 が形成された側のベース部 1 4 の一面を意味する。また、表面材において、前記頂面部（頂面）1 2 と接合する側の面を第二面と呼ぶ。

本発明の第 1 実施形態にかかる薄板 2 に形成する複数の凸部 1 1 の頂面部 1 2 の形状は特に限定されず、正方形、長方形、菱形、三角形、円形、楕円形、五角形、および六角形などを用いることができる。正方形、長方形、菱形、三角形、五角形、および六角形においては、これらの角の少なくとも 1 つが丸角であってもよい。これらの形状から選択される 1 種類の形でもよく、複数の形又はサイズが混合してもよい。

[0026] 前述の凸部 1 1 頂面部 1 2 の断面形状において、成形性および接着面積確保のため、三角形、五角形、および六角形においては、各角の角度が 45° 以上であることが望ましい。また、楕円形については、長径と短径の比が 1.5 以下であることが望ましい。

[0027] 凸部 1 1 の配列方向は特に限定されないが、構造体全体として安定した剛性を得るためには規則的な配列が効果的である。凸部 1 1 の頂面部 1 2 が同じ形状を有し、規則的な配列を有する場合に、構造体全体として安定した剛性が得られる。特に、薄板 2 を構成する強化繊維において繊維の長さ方向に

対して 0° 方向（繊維 0° 積層方向）Aおよび 90° 方向（繊維 90° 積層方向）Bに配列する正方配列（図19）または長方配列（図35）、凸部11の配列方向が繊維の長さ配向に対して角度 $\pm\theta$ をなす千鳥配列（図20）が望ましい。

[0028] 凸部11のピッチP（図37）は特に限定されないが、凸部11のサイズW1に対して凸部11のピッチPが大きいほど成形性は良好となる一方で、構造体としての剛性は低下する。薄板2における凸部11のピッチPは、一定であってもよく、徐々に変化していてもよい。例えば、凸部11のピッチPは、薄板2の中央部においてピッチPが狭い領域を有していてもよく（凸部11が密に形成されている場合でもよく）、薄板2の外縁部においてピッチPが広い領域を有していてもよい。

なお、凸部11のピッチPは、薄板2のベース部14（薄板2の第一面を有する基底部）と垂直な方向における凸部11（第1凸部）の中心軸G1（第1凸部の重心の位置）と、前記凸部11（第1凸部）に隣り合う凸部11（第2凸部）の中心軸G2（第2凸部の重心の位置）との間隔として規定される（図37）。第1凸部に隣り合う凸部11（第2凸部）とは、第1凸部以外の凸部11であって、その中心軸（該凸部11の重心の位置）と中心軸G1（第1凸部の中心軸）との距離が最も短い凸部11を意味する。

[0029] 凸部11のサイズW1は、以下のように規定される。

凸部11のサイズW1は、凸部11の底面（頂面の反対に位置する凸部の底面としての仮想面である第1領域、凸部とベース部14（薄板2の第一面を有する基底部）との境界線で囲まれる第1領域）の径で規定できる。この場合における凸部11のサイズW1は、凸部11の底面（第1領域）が円形の場合には、底面の直径として規定される。例えば、凸部11の底面（第1領域）が円形である場合には、凸部11のサイズW1は、凸部11と薄板2のベース部14（薄板2の第一面を有する基底部）との境界線で囲まれる領域である底面（第1領域）の最小径（直径）として規定される。

凸部11の底面（第1領域）が楕円形の場合には長径と短径の平均値とし

て規定される。凸部 1 1 の底面（第 1 領域）が正方形および長方形の場合には、対角線の長さとして規定される。凸部 1 1 の底面（第 1 領域）が菱形の場合には 2 つの対角線の長さの平均値として規定される。凸部 1 1 の底面（第 1 領域）が三角形、五角形、および六角形の場合には最小外接円の直径として規定される。

[0030] 凸部 1 1 のピッチ P は、良好な剛性を有する複合材料構造体 6 を得るためには、凸部 1 1 のサイズ W 1 の 1.6 ～ 2.4 倍であることが望ましい。凸部 1 1 のサイズが 1.6 倍未満である場合、及び 2.4 倍より大きい場合には、複合材料構造体 6 の剛性が低くなる。ただし、凸部 1 1 の形状又は配列により、凸部 1 1 のピッチ P の好ましい範囲はこの限りではない。

[0031] 凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 をつなぐ接続面 1 3 の形状は特に限定されず、頂面部 1 2 とベース部 1 4 を垂直に交わる法面（図 4 D）、ベース部 1 4 と角度 γ を有する傾斜面（図 4 A）、または曲面形状（図 4 B、図 4 C）でもよい。法面形状に対して傾斜面形成では成形性は向上するが、ベース部 1 4 との角度 γ が鋭角になるほど剛性が低下するため、ベース部 1 4 に対する斜面の角度 γ は $45^\circ \sim 90^\circ$ が望ましい。

[0032] 接続面 1 3 がベース部 1 4 に対して角度 γ を有する斜面とした場合においても、凸部 1 1 のピッチ P は、良好な剛性を有する複合材料構造体 6 を得るためには、凸部 1 1 のサイズ W 1 の 1.6 ～ 2.4 倍であることが望ましい。凸部 1 1 のサイズ W 1 が 1.6 倍未満である場合、及び 2.4 倍より大きい場合には、複合材料構造体 6 の剛性が低くなる。ただし、凸部 1 1 のピッチ P の好ましい範囲は、凸部 1 1 の形状又は配列によって異なり、上記に示した範囲の限りではない。

この場合における凸部 1 1 のピッチ P も、薄板 2 のベース部 1 4（薄板 2 における第一面を有する基底部）と垂直な方向における凸部 1 1 の中心軸（第 1 凸部の中心軸）と、前記凸部 1 1 に隣り合う凸部 1 1 の中心軸（第 2 凸部の中心軸）との間隔として規定される。

[0033] 正方配列および千鳥配列においては、凸部 1 1 のピッチ P を、凸部 1 1 ー

個分含む等しい大きさのひし形に分割したときのひし形の１辺の長さとする。この場合、良好な剛性を有する複合材料構造体６を得るためには、凸部１１のピッチＰは凸部１１のサイズＷ１の１．６倍以上２．４倍以下であることが望ましい。凸部１１のピッチＰが凸部１１のサイズＷ１の１．６倍未満である場合、２．４倍より大きい場合には、構造体の剛性が低下する。

[0034] 長方配列においては、良好な剛性を有する複合材料構造体６を得るためには、凸部１１一個分含む等しい大きさの長方形に分割したときの長方形の長辺および短辺が、凸部１１のサイズＷ１の１．６倍以上２．４倍以下であり、さらに、前記短辺と前記長辺の比率が１以上１．２５以下であることが望ましい。凸部１１のピッチＰが凸部１１のサイズＷ１の１．６倍未満である場合、２．４倍より大きい場合には、複合材料構造体６の剛性が低下する。また、前記短辺と、前記長辺との比率が１未満、１．２５以上である場合には、複合材料構造体６の剛性が低下する。

[0035] 個々の凸部１１の頂面部１２の面積Ｓは特に制限されず、接着剤を塗布して表面材１を凸部１１の頂面部１２に接着するのに十分な大きさがあれば良い。また、凸部１１は、凸部１１の頂面部１２が接着剤を塗布するのに十分な幅を有していれば、直線状又は曲線状に連続して形成される又は枠状ないし格子状に形成される凸条１５（上面１６と側面１７を有する）であってもよい。更に凸部１１の先端部１８に凹状の窪み１９を有していることが好ましい（図１１、１２、１３Ａ、及び１３Ｂ）。また、凸条の先端部２０にも、凹状の窪み２１を有していてもよい（図１１、１２、１３Ａ、及び１３Ｂ）。

[0036] 薄板２の面積に対する凸部１１の頂面部１２の面積Ｓ及び凸条１５の上面１６の面積の合計の割合は５０％以下であることが好ましく、３０％以下であることが更に好ましく、２０％以下であることが特に好ましい。５０％を超えると、実質的に表面材１と薄板２の単なる貼り合わせとなり、複合材料構造体６の剛性が低下する。また、前記面積の合計の割合は、５％以上であることが好ましい。前記面積の合計の割合が５％未満では、複合材料構造体

6の剛性が低下し、撓みが増大する。

[0037] 薄板2において、薄板2のベース部14が2次元状に延在した平面領域である第1C領域（ベース部14、複数の凸部11の底面（第1領域）、および複数の凸条の底部（仮想面である第1D領域）から構成される第一面上の平面領域）の面積で定義されるEと、複数の第1領域および複数の第1D領域の面積の合計で定義されるFとの比である F/E が50%以下であることが好ましい。面積比 F/E は、30%以下であることが更に好ましく、20%以下であることが特に好ましい。また、面積比 F/E は、5%以上であることが好ましい。面積比 F/E が50%を超えると、実質的に表面材1と薄板2の単なる貼り合わせとなり、複合材料構造体6の剛性が低下する。前記面積の合計の割合が5%未満では、複合材料構造体6の剛性が低下し、撓みが増大する。

[0038] 薄板2において良好な剛性を得るためには、凸部11が規則的に設けられた領域（第2領域と呼ぶ。ベース部14が2次元状に延在した平面領域であって、凸条15が設けられた領域を除き、ベース部14と、複数の第1領域（複数の凸部の底部である仮想面）と、で構成される平面領域である。）においては、前記凸部11が規則的に設けられた領域（第2領域）の面積として定義される α と、複数の凸部11の頂面部12の面積の合計として定義される β との比である β/α が5%以上40%未満であることが好ましい。前記 β/α が40%以上では、実質的に表面材1と薄板2の単なる貼り合わせとなり、複合材料構造体6の剛性向上効果が得られない。前記 β/α が5%未満では、凸部11のサイズ W_1 が大きくなった際に複合材料構造体6の剛性が低下し、撓みが増大する。

[0039] また、薄板2において良好な剛性を得るためには、前記第2領域の面積として定義される α と、複数の凸部の底面（第1領域）の面積の合計として定義されるJとの比である J/α が5%以上40%未満であることが好ましい。前記 J/α が40%以上では、実質的に表面材1と薄板2の単なる貼り合わせとなり、複合材料構造体6の剛性向上効果が得られない。前記 J/α が

5%未満では、凸部11のサイズW1が大きくなった際に複合材料構造体6の剛性が低下し、撓みが増大する。

[0040] 薄板2において良好な剛性を得るためには、凸部11の頂面部12の面積Sが薄板2の板厚の2乗の5倍以上～500倍未満であることが好ましい。凸部11の頂面部12の面積が薄板2の板厚の2乗の5倍未満では、複合材料構造体6の剛性が低下する。凸部11の頂面部12の面積Sが薄板2の板厚の2乗の500倍以上である場合にも、複合材料構造体6の剛性が低下する。

[0041] 薄板2において良好な剛性を得るためには、凸部11の底面（第1領域）の面積が薄板2の板厚の2乗の5倍以上～500倍未満であることが好ましい。凸部11の底面（第1領域）の面積が薄板2の板厚の2乗の5倍未満では、複合材料構造体6の剛性が低下する。凸部11の底面（第1領域）の面積が薄板2の板厚の2乗の500倍以上である場合にも、複合材料構造体6の剛性が低下する。

[0042] 凸部11の高さHは薄板2の厚さの0.5倍以上10.0倍未満であることが好ましい。凸部の高さHが薄板2の厚さの0.5倍未満であると、表面材1と薄板2の単なる貼り合わせに比べ複合材料構造体6の剛性の向上が小さく、軽量化の効果が得られない。凸部の高さHは薄板2の厚さの10.0倍以上の形状であるときは成形が困難となる。凸部の高さHが薄板2の厚さの1.5倍以上4.0倍未満がさらに好ましい。凸部の高さHが薄板2の厚さの2.0倍以上4.0倍未満が特に好ましい。それぞれの凸部11の高さHは揃っていることが好ましいが、表面材1が接着接合可能な限りで違いが有っても良い。表面材1に接着接合していない凸部11は、複合材料構造体6の剛性の向上への寄与が小さい。

[0043] 前記凸部11において、前記頂面12に平行な方向の断面における最小値フェレ径が、前記薄板2の板厚の3倍以上30倍未満である場合には、複合材料構造体6の剛性が良好である。前記凸部11において、前記頂面12に平行な方向の断面における最小値フェレ径が、前記薄板の板厚の3倍未満3

0倍以上である場合には、複合材料構造体6の剛性が低下する。

[0044] また、凸部11は薄板2の全面に分布することが望ましい。凸部11の分布が偏ると複合材料構造体6の剛性として必要な剛性を発現しない。薄板2の端部に、複合材料構造体6とした後に樹脂構造体4を注入射出する部分（樹脂構造体の接合部5を設ける部分の周辺）には凸部を設けないことが好ましい。

[0045] 本発明の実施形態では、複合材料構造体6を作製した後、複合材料構造体6に所望量の樹脂構造体4（接合部5）が射出注入できるように、薄板2の端部から所定の位置に凸条15が設けられることが特に好ましい。この場合、接合部5は表面材1の端部と薄板2の端部と凸条15とで囲まれた空間に充填される。この構造により、射出成形によって樹脂構造体4を成形する際に、凸条15（凸条15の側面17）が樹脂構造体4形成時のガイドとして機能するため、樹脂を注入射出する部分の深さを精密に制御することができる。

[0046] 次にこの複合材料成形体7（図1および図11）の製造方法の一例について説明する。

<薄板の成形>

まず、強化繊維に熱硬化性樹脂組成物を含浸したプリプレグの積層体を、薄板用の下型8表面に配置する。薄板用の下型8は薄板2の凸部11または凸条15となる部分が突起9、および10（図2）または窪み（図示しない）を有している。

突起を有する下型8を用いる場合には、プレス成形法の上型は、薄板2の凸部11または凸条15となる部分が凹形状となっている型を用いることができる。また、窪みを有する下型8を用いる場合には、プレス成形法の上型には、薄板2の凸部11または凸条15となる部分が凸形状となっている型を用いることもできる。圧縮により下型8の突起または窪みに沿って凹形状または凸形状となる軟質材料を用いる場合には、上型の成型面に凸形状または凹形状を設ける必要はない。なお、真空バッグ成形法の場合は上型を用い

ない。

[0047] 次いで、プレス成形法では金型を閉じ下型 8 および上型によってプリプレグの積層体を加圧しながら、真空バッグ成形法ではバッグをかけて真空圧によりプリプレグの積層体を加圧しながら、加熱成形する。成形後に、硬化したプリプレグの積層体を脱型し複数の凸部 11 が形成された薄板 2（図 3 および図 12）が得られる。なお、プリプレグ積層体を成形して得られた薄板 2 において、成形により変形して得られた各部位は、薄板 2 の基底面（第一面）を有するベース部 14、ベース部 14 に対して突出した凸部 11 と呼ぶ。また、凸部 11 は、頂面部（頂面）12、および頂面部 12 とベース部 14 とをつなぐ接続面 13（凸部 11 の側面）から構成される（図 1）。

[0048] <表面材の成形>

薄板 2 の成形と同様にして、表面材 1 を得る。但し表面材は平面ないしは単純な曲面であるので表面材用の下型 8 は平面形状ないし単純な曲面の形状である。なお、表面材 1 の形状は、PC 筐体のデザイン等に応じ、ロゴの凹みなどの段差や角（稜線）を有する形状も可能であり、用途に応じて選択してもよい。さらに、表面材 1 の形状に応じて、薄板 2 の形状を決定してもよい。

表面材 1 と薄板 2 については、表面材 1 と薄板 2 とをそれぞれ成形した後、に接合するため、反り防止のために対称構成としなくともよい。表面材 1 のみには、織布など加飾材を使用することができる。また、表面材 1 および薄板 2 には、適宜、難燃性樹脂材料を使用してもよい。

[0049] <薄板と表面材の接合>

薄板 2 の凸部 11 の頂面部 12 及び凸条 15 の上面 16、又は凸部 11 の先端部（頂面）18 の凹状の窪み 19 及び凸条の先端（上面）20 の窪み 21 に接着剤 3 を塗布し、薄板 2 と表面材 1 とを合わせた後に接着剤 3 を硬化して、繊維強化複合材料構造体 6 を得る。

[0050] 得られた繊維強化複合材料構造体 6 を射出成形金型内にセットし、型締めを行った後、樹脂構造体 4 を形成する熱可塑樹脂組成物を射出成形して、図

1 および図 1 1 に示す、繊維強化複合材料構造体 6 を形成する薄板 2 と表面材 1 の端面に樹脂構造体 4 を接合させるとともに、薄板 2 の側端面と表面材 1 の側端面との間に樹脂材料を射出注入することで複合材料成形体 7 (図 1 および図 1 1) を製造した。

実施例

[0051] 以下、実施例により本発明をさらに詳しく説明する。なお、本発明は実施例によって制限されない。

(実施例 1)

本実施例においては、一方向プリプレグとして、三菱レイヨン(株)製、製品名: TR390E125S (熱硬化性樹脂: エポキシ樹脂 # 390 (三菱レイヨン(株)製)、強化繊維: 炭素繊維 (三菱レイヨン(株)製、製品名: TR50S)) を用いた。

[0052] まず、薄板 2 の凸部 1 1 を形成する突起を有する薄板用下型 8 の表面に、一方向プリプレグ (一方向性シート) を $[0^\circ / 90^\circ / 90^\circ / 0^\circ]$ となるように 4 層積層した積層体を配置した。次いで、下型 8 の突起に対応する窪みを有する上型によって金型を閉じ、下型 8 および上型によってプリプレグの積層体を 140°C で加熱しながら 8MPa の圧力で 5 分間プレスして、プリプレグの積層体を一体硬化させた。圧縮成形後、金型を開き、図 1 1 に示す形状を有する、厚さ 0.44mm の薄板状の薄板 2 を得た。なお、円錐台状の凸部 1 1 の頂面 1 2 の形状は、直径 10.0mm の円形で、凸部 1 1 の高さ H は 1.0mm であり、凸部 1 1 の間隔は 10.0mm であり、凸部 1 1 の先端部 1 8 の凹状の窪み 1 9 の形状は直径 9mm の円形で、凹状の窪み 1 9 の深さは 0.1mm であった。直線状の凸条 1 5 の上面 1 6 の幅は 10.0mm で、凸条 1 5 の高さ H は 1.0mm であった。

なお、上記 0° とは、表面材 1 または薄板 2 が長方形の場合、それぞれの短辺方向を 0° 方向と定義した場合を意味する。

上記 90° とは、上記 0° 方向と直交した表面材 1 または薄板の長辺方向 (90° 方向) を意味する。

表面材 1 または薄板 2 が長方形以外の場合は、最小値フェレ径方向を 0° 方向と定義し、 90° 方向は当該 0° 方向と直交した方向を意味する。

[0053] これとは別に、表面材用下型の表面に一方向プリプレグを用いて、 $[0^\circ / 90^\circ / 90^\circ / 0^\circ]$ の配置となるように 4 層積層した。次いで、金型を閉じ、下型および上型によってプリプレグの積層体を 140°C で加熱しながら 8MPa の圧力で 5 分間プレスして、プリプレグの積層体を一体硬化させた。圧縮成形後、金型を開き、厚さ 0.44mm の薄板状の表面材 1 を得た。

[0054] 得られた薄板 2 の凸部 11 の先端部 18 の凹状の窪み 19 に、主剤（チバガイギ社製、製品名：アラルダイト AW106）と硬化剤（チバガイギ社製、製品名：ハードナー HV953U）とを質量比 $100:60$ で混合した樹脂接着剤 3 を塗布した。そして、接着剤 3 を塗布した薄板 2 の凸側面（複数の凸部 11 の複数の頂面 12）に表面材 1 を配置し、 70°C で 50 分間保持して、薄板 2 の片面に表面材 1 を接着剤 3 で接着し、厚みが 1.90mm の繊維強化複合材料構造体 6 を得た。繊維強化複合材料構造体 6 は非常に高い剛性を有し、軽量性、及び薄肉性に優れた繊維強化複合材料構造体 6 であった。

[0055] 得られた繊維強化複合材料構造体 6 を射出成形金型内にセットし、型締めを行った後、樹脂構造体 4 を形成する樹脂であるガラス繊維強化ポリアミド樹脂（東洋紡績(株)製、製品名：グラマイド TY791GT、ガラス繊維含有量 $55\text{質量}\%$ ）を射出成形して、図 1 に示す複合材料成形体 7（図 1）を製造した。繊維強化複合材料構造体 6 と樹脂構造体 4 とは強固に一体化していた。

（実施例 2）

[0056] 以降の実施例においては、実施例 1 の結果を参考に、シミュレーション実験を行った。

シミュレーションソフトとして、Femap with NX Nastran を使用し、支持条件は単純支持として実施した。

本実施例の薄板2および表面材1は、一方向プリプレグ 三菱レイヨン（株）製、製品名：TR390E125S（熱硬化性樹脂：エポキシ樹脂#390（三菱レイヨン（株）製）、強化繊維：炭素繊維（三菱レイヨン（株）製、製品名：TR50S））を $[0^\circ / 90^\circ / 0^\circ]$ の配置となるように3層積層し、積層体を 140°C で加熱しながら 8MPa の圧力で5分間プレスして硬化することで成形される。

[0057] 薄板2としては、直径 5.0mm の円柱形の凸部11が、隣り合う凸部11の円柱中心軸の間隔（凸部ピッチP）が縦横 10mm で規則的に配列され、縦幅 200mm 、横幅 300mm の成形板を用いる。表面材1としては、縦幅と横幅とが、前記薄板2と同等の成形板を用いる。評価には、前記薄板2の凸部11頂面12と、前記表面材1とが接合された繊維強化複合材料構造体6を用いる。

[0058] 本実施例の構造体の厚みは、凸部11の高さH、前述の薄板2および表面材1の積層厚み、接着剤3の厚みの和によって決まる。積層体を形成する各層の厚みは均等であり、（比較例1）のサンドイッチ構造体と、本実施例の構造体との厚みと重量とが同等になるよう決定する。円柱形の凸部11の高さHを 0.602mm 、積層を構成する1層の厚みを 0.125mm 、接着剤3の厚みを 0.1mm とすることで、厚さ 1.45mm 、質量 77.9g の構造体を得る。

[0059] 凸部11を有する薄板2と表面材1とが、薄板2の凸部11頂面部12で接着剤3によって接合されることによって得られる繊維強化複合材料構造体6の剛性を評価する。評価方法は板の曲げ試験であり、支持条件を4辺単純支持とし（支持台Yを用いて）、荷重条件を表面材1上の中央部に集中荷重Zを加え、中央部の撓み量で評価する（図26）。支持間距離は縦長さ 160mm 、横長さ 260mm であり、荷重値は 5kgf とする。撓み量は、構造体下面（薄板2側）の中央部における最大撓み量を計測する。

[0060] 曲げ試験による構造体の最大撓み量は、 2.46mm となる。比較例1よりも撓み量が低く、高い剛性を有していた。構造体の重量は同じであり、薄

板 2 と表面材 1 の積層厚みを低減させることにより、サンドイッチ構造体と同等の剛性かつ軽量化が期待できる。

(実施例 3)

[0061] 比較例 2 のサンドイッチ構造体と、本実施例の構造体との厚み及び重量とが同等になるように決定する。実施例 2 と同様の方法を用いて、円柱形の凸部 1 1 の高さ H を 0.535 mm 、積層体を構成する 1 層の厚みを 0.119 mm とすることで、厚さ 1.35 mm 、質量 74.4 g の構造体を得る。

[0062] 実施例 2 と同様の構造体の曲げ試験により、最大撓み量は 2.98 mm となる。比較例 2 と同等の撓み量であり、同等の剛性を有する。

(実施例 4)

[0063] 比較例 3 のサンドイッチ構造体と、本実施例の構造体との厚みと重量とが同等になるよう決定した。実施例 2 と同様の方法を用いて、円柱形の凸部 1 1 の高さ H を 0.468 mm 、積層体を構成する 1 層の厚みを 0.114 mm としたことで、厚さ 1.25 mm 、質量 71.0 g の構造体を得る。

[0064] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 3.66 mm となる。

(比較例 1)

[0065] 比較例には、先行文献 1 をはじめ、実用化されている構造体として、構造体を形成する芯材 (I) と、前記芯材 (I) の両面に配置され、連続した強化繊維とマトリックス樹脂で構成された繊維強化材 (II) から形成されるサンドイッチ構造体 (III) について検討した。

[0066] 繊維強化材 (II) は実施例 2 と同じ材料を使用する。両面とも 2 層の積層体であり、積層体は上面の積層体を $[0^\circ / 90^\circ]$ 、下面の積層体を $[90^\circ / 0^\circ]$ となるように配置し、芯材 (I) をはさんで上面の積層体と下面の積層体とを対称となるように構成する。芯材 (I) には、発砲ポリプロピレン (弾性率 0.65 GPa) を用いる。

[0067] 本比較例の構造体の厚みは、芯材 (I) と、その両面に配置される繊維強化材 (II) の積層体 (上面の積層体及び下面の積層体) の厚みの和によっ

て決まる。芯材の厚みを1.05mm、積層体を形成する1層の厚みを0.1mmとすることで、厚み1.45mm、質量77.9gの構造体を得る。

[0068] 実施例2と同様の曲げ試験により、構造体の撓み量は2.56mmとなる。

(比較例2)

[0069] 比較例1のサンドイッチ構造体において、芯材の厚みを0.95mmとすることで、厚さ1.35mm、質量74.4gの構造体を得る。

[0070] 実施例2と同様の曲げ試験により、構造体の撓み量は2.99mmとなる。

(比較例3)

[0071] 比較例1のサンドイッチ構造体において、芯材の厚みを0.85mmとすることで、厚さ1.25mm、質量71.0gの構造体を得る。

[0072] 実施例2と同様の曲げ試験により、構造体の撓み量は3.54mmである。

[0073] 実施例2～4および比較例1～3の結果を図28に示す。本発明の実施例2～4として複合材料構造体を用いた場合には、複合材料構造体の厚みが厚いほど複合材料構造体の撓み量が少なくなり、従来技術であるサンドイッチ構造体（比較例1～3の構造体）に対する剛性優位性が高くなることが判断できる。

[0074] 凸部11を有する薄板2と表面材1とを含む構造体が接着剤3で接着される繊維強化複合材料構造体6として有効的な形状を検討するため、凸部11の形状最適化を検討する。実施例5～26では、凸部11の配列と凸部11のピッチP（第1凸部11の中心軸G1と隣り合う第2凸部11の中心軸G2との間の距離）について検討する。

(実施例5)

[0075] 実施例4において、薄板2および表面材1を構成する繊維強化複合材料積層の1層の厚みを0.1mm、凸部11の高さHを0.55mm、凸部ピッチPを6mmとし、厚み1.25mmの構造体を得た場合について検討する。

。

[0076] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 5.4 0 m m となる。

(実施例 6)

[0077] 実施例 5 において、凸部ピッチ P を 8 m m に変更する。

[0078] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.1 2 m m となる。

(実施例 7)

[0079] 実施例 5 において、凸部ピッチ P を 1 0 m m に変更する。

[0080] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.0 5 m m となる。

(実施例 8)

[0081] 実施例 5 において、凸部ピッチ P を 1 2 m m に変更する。

[0082] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.3 3 m m となる。

(実施例 9)

[0083] 実施例 5 において、凸部ピッチ P を 1 4 m m に変更する。

[0084] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.8 3 m m となる。

(実施例 1 0)

[0085] 実施例 5 において、凸部 1 1 の配列を図 2 0 に示される千鳥配列に変更した場合について検討する。構造体の凸部 1 1 の配列を、繊維方向に対して ± 3 0 ° 方向に配列する千鳥配列とし、凸部ピッチ P を 6 m m に変更するする。

[0086] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 6.8 6 m m となる。

(実施例 1 1)

[0087] 実施例 1 0 において、凸部ピッチ P を 8 m m に変更する。

[0088] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 4 8 m m となる。

(実施例 1 2)

[0089] 実施例 1 0 において、凸部ピッチ P を 1 0 m m に変更する。

[0090] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 0 6 m m となる。

(実施例 1 3)

[0091] 実施例 1 0 において、凸部ピッチ P を 1 2 m m に変更する。

[0092] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 1 5 m m となる。

(実施例 1 4)

[0093] 実施例 1 0 において、凸部ピッチ P を 1 4 m m に変更する。

[0094] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 4 6 m m となる。

(実施例 1 5)

[0095] 実施例 1 0 において、凸部ピッチ P を 1 6 m m に変更する。

[0096] 実施例 2 と同様の曲げ試験を行ったところ、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 9 5 m m であった。

(実施例 1 6)

[0097] 実施例 5 において、構造体の凸部 1 1 の配列方向を変更する。繊維方向に対して構造体の凸部 1 1 が $\pm 45^\circ$ 方向に配列する千鳥配列とし、凸部ピッチ P を 6 m m に変更する。

[0098] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 7. 4 4 m m となる。

(実施例 1 7)

[0099] 実施例 1 6 において、凸部ピッチ P を 8 m m に変更する。

[0100] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4. 6 7 m m となる。

(実施例 1 8)

- [0101] 実施例 16 において、凸部ピッチ P を 10 mm に変更する。
- [0102] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.13 mm となる。
(実施例 19)
- [0103] 実施例 16 において、凸部ピッチ P を 12 mm に変更する。
- [0104] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.17 mm となる。
(実施例 20)
- [0105] 実施例 16 において、凸部ピッチ P を 14 mm に変更する。
- [0106] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.49 mm となる。
(実施例 21)
- [0107] 実施例 16 において、凸部ピッチ P を 16 mm に変更する。
- [0108] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、本実施例の構造体の最大撓み量は 4.97 mm となる。
(実施例 22)
- [0109] 実施例 6 において、凸部 11 の配列方向を変更する。繊維方向に対して構造体の凸部 11 が $\pm 60^\circ$ 方向に配列する千鳥配列とし、凸部ピッチ P を 8 mm に変更する。
- [0110] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 5.32 mm となる。
(実施例 23)
- [0111] 実施例 22 において、凸部ピッチ P を 10 mm に変更する。
- [0112] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.40 mm となる。
(実施例 24)
- [0113] 実施例 22 において、凸部ピッチ P を 12 mm に変更する。
- [0114] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.23 mm となる。
(実施例 25)
- [0115] 実施例 22 において、凸部ピッチ P を 14 mm に変更する。

[0116] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 3 5 mm となる。

(実施例 2 6)

[0117] 実施例 2 2 において、凸部ピッチを 1 6 mm に変更する。

[0118] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 6 9 mm となる。

[0119] 実施例 5 ～ 2 6 の結果を図 2 9 に示す。いずれの配列においても、凸部 1 1 の直径 5 mm に対し、凸部ピッチ P が 1 0 ～ 1 2 mm で最大撓み量が最小となり、その ± 2 mm の範囲では撓み量は安定する。

一方で、凸部ピッチ P が 8 mm 以下および 1 2 mm 以上においては、撓み量が大きくなり、剛性が大きく低下する。

凸部 1 1 を有する薄板 2 と表面材 1 構造体が接着剤 3 で接着される繊維強化複合材料構造体 6 として、円柱凸部においては、凸部ピッチ P が凸部サイズ W 1 の 1. 6 ～ 2. 4 倍であることが望ましい。

また、いずれの配列においても最小撓み量はほぼ同じであり、正方配列および千鳥配列においては優れた剛性効果が得られる。

また、千鳥配列では繊維の長さ方向における断面長の差が正方配列よりも短くなるため、成形性が向上する。

[0120] 以下の実施例 2 7 ～ 5 0 では、凸部ピッチ P と凸部の形状、大きさについて検討する。

実施例 2 7 ～ 3 8 では凸部 1 1 の形状を楕円形に変更した。

(実施例 2 7)

[0121] 実施例 5 において、凸部 1 1 の形状を楕円形に変更し、正方配列に変更する (図 2 1) 。

楕円の短径は 5 mm、長径は 7. 5 mm とし、凸部ピッチ P は 1 0 mm に変更する。

[0122] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 6 8 mm となる。

(実施例 2 8)

[0123] 実施例 2 7 において、凸部ピッチ P を 1 2 mm に変更する。

[0124] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 4 1 mm となる。

(実施例 29)

[0125] 実施例 27 において、凸部ピッチ P を 14 mm に変更する。

[0126] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.60 mm となる。

(実施例 30)

[0127] 実施例 27 において、凸部ピッチ P を 16 mm に変更する。

[0128] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 5.00 mm となる。

(実施例 31)

[0129] 実施例 27 において、凸部 11 の形状を楕円形に変更する。

短径を 5 mm、長径を 10 mm とし、凸部ピッチ P は 12 mm とする。

[0130] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 5.10 mm となる。

(実施例 32)

[0131] 実施例 31 において、凸部ピッチ P を 14 mm に変更する。

[0132] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.73 mm となる。

(実施例 33)

[0133] 実施例 31 において、凸部ピッチ P を 16 mm に変更する。

[0134] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.82 mm となる。

(実施例 34)

[0135] 実施例 31 において、凸部ピッチ P を 18 mm に変更する。

[0136] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 5.10 mm となる。

(実施例 35)

[0137] 実施例 27 において、凸部 11 を 90° 回転した楕円形に変更し、正方配列に変更する (図 22)。

楕円の短径は 5 mm、長径は 7.5 mm とし、凸部ピッチ P は 9 mm とする。

[0138] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.33 mm となる。

(実施例 36)

[0139] 実施例 35 において、凸部ピッチ P を 10 mm に変更する。

[0140] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.28 mm となる。

(実施例 3 7)

[0141] 実施例 3 5 において、凸部ピッチ P を 1 2 m m に変更する。

[0142] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 2 9 m m となる。

(実施例 3 8)

[0143] 実施例 3 5 において、凸部ピッチ P を 1 4 m m に変更する。

[0144] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 6 4 m m となる。

[0145] 実施例 2 7 ~ 3 8 の結果を図 3 0 に示す。

凸部 1 1 が楕円形においては、凸部ピッチ P が、楕円形の短径と長径の平均値の約 2 倍となる範囲で剛性が最大となり、1 . 6 ~ 2 . 4 倍の範囲で良好な剛性効果が得られる。

また、楕円の長径と短径の比が大きくなると最大撓み量が増え剛性効果が劣るため、楕円形の凸部 1 1 においては、長径が短径の 1 . 5 倍以下であることが望ましい。

[0146] 以下の実施例 3 9 ~ 4 6 では凸部 1 1 の形状を正方形に変更する。

(実施例 3 9)

[0147] 実施例 5 において、凸部 1 1 の形状を正方形に変更し、正方配列に変更する (図 2 3) 。

正方形の対角線は 5 m m とし、凸部ピッチ P は 6 m m とする。

[0148] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 2 2 m m となる。

(実施例 4 0)

[0149] 実施例 3 9 において、凸部ピッチ P を 8 m m に変更する。

[0150] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 3 . 8 4 m m となる。

(実施例 4 1)

[0151] 実施例 3 9 において、凸部ピッチ P を 1 0 m m に変更する。

[0152] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 0 0 m m となる。

(実施例 4 2)

[0153] 実施例 3 9 において、凸部ピッチ P を 1 2 m m に変更する。

[0154] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 4 3 m m となる。

[0155] 実施例 39～42 の結果を図 31 に示す。

凸部 11 の形状が正方形において、正方形の対角線 5 mm に対して、凸部ピッチ P が 7～10 mm の範囲で優れた剛性効果が得られる。

凸部 11 が正方形においては、凸部ピッチ P が正方形の対角線の 1.4～2.0 倍であることが望ましい。

(実施例 43)

[0156] 実施例 39 において、凸部 11 の形状を 45° 回転した正方形 (図 24)、配列を正方配列とし、凸部ピッチ P を 6 mm に変更する。

[0157] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.95 mm となる。

(実施例 44)

[0158] 実施例 43 において、凸部ピッチ P を 8 mm に変更する。

[0159] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.07 mm となる。

(実施例 45)

[0160] 実施例 43 において、凸部ピッチ P を 10 mm に変更する。

[0161] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.11 mm となる。

(実施例 46)

[0162] 実施例 43 において、凸部ピッチ P を 12 mm に変更する。

[0163] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.49 mm となる。

[0164] 実施例 43～46 の結果を図 31 に示す。

凸部 11 の形状が 45° 傾き正方形である場合において、正方形の対角線 5 mm に対して凸部ピッチ P が 8～10 mm の範囲で優れた剛性効果が得られる。

凸部 11 の形状が 45° 傾き正方形においては、凸部ピッチ P が正方形の対角線の 1.6～2.0 倍であることが望ましい。

[0165] 以下の実施例 47～50 では凸部 11 の形状を正六角形に変更する。

(実施例 47)

[0166] 実施例 5 において、凸部 11 の形状を正六角形に変更し、正方配列に変更する (図 25)。

正六角形の外接円を 5 mm とし、凸部ピッチ P は 6 mm とする。

[0167] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.90 mm となる。

(実施例 48)

[0168] 実施例 47 において、凸部ピッチ P を 8 mm に変更する。

[0169] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.03 mm となる。

(実施例 49)

[0170] 実施例 47 において、凸部ピッチ P を 10 mm に変更する。

[0171] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.06 mm となる。

(実施例 50)

[0172] 実施例 47 において、凸部ピッチ P を 12 mm に変更する。

[0173] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.41 mm となる。

[0174] 実施例 47 ～ 50 の結果を図 32 に示す。

凸部 11 の形状が正六角形においては、外接円 5 mm に対して、凸部ピッチ P が 8 ～ 12 mm の範囲で効果的な剛性効果が得られる。

凸部 11 の形状が正六角形においては、凸部ピッチ P が正六角形の外接円の 1.6 ～ 2.4 倍であることが望ましい。

[0175] 実施例 51 ～ 64 では、薄板 2 と表面材 1 が凸部 11 の頂面部 12 で接着剤 3 によって接着される繊維強化複合材料構造体 6 について、薄板 2 の凸部 11 が規則的なピッチ P で長さ方向に一行に並ぶ短冊形状 (図 27) の三点曲げで評価した。短冊形状は全長 100 mm、幅は凸部ピッチ P と同じとし、三点曲げの条件として、支持間距離 80 mm、荷重は支持間中央の線荷重であり、幅に対して 2 N/mm とする。構造体の撓み量は、構造体下面 (薄板 2 側) の支点間中央部における最大撓み量を計測する。

[0176] 薄板 2 と表面材 1 とを構成する繊維強化複合材料は実施例 5 と同じである。

[0177] 薄板 2 および表面材 1 を構成する繊維強化複合材料積層体は実施例 5 と同じ [0° / 90° / 0°] の 3 層積層体であり、1 層の厚みを 0.1 mm、凸部 11 の高さ H を 0.55 mm、接着剤 3 の厚みを 0.1 mm とし、厚み

1. 25 mmの構造体とした場合について検討する。

[0178] 凸部11は、直径3 mmの円柱形に変更する。凸部ピッチPは4 mm、幅は同様の4 mmとし、荷重は8 Nとなる。

[0179] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3.13 mmとなる。
(実施例52)

[0180] 実施例51において、凸部ピッチPおよび幅を6 mm、荷重を12 Nに変更する。

[0181] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、2.55 mmとなる。
(実施例53)

[0182] 実施例51において、凸部ピッチPおよび幅を8 mm、荷重を16 Nに変更する。

[0183] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、2.68 mmとなる。
(実施例54)

[0184] 実施例51において、凸部ピッチPおよび幅を10 mm、荷重を20 Nに変更する。

[0185] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3.08 mmとなる。
(実施例55)

[0186] 実施例51において、凸部11の直径を5 mm、凸部ピッチPおよび幅を6 mm、荷重を12 Nに変更する。

[0187] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、4.02 mmとなる。
(実施例56)

[0188] 実施例55において、凸部ピッチPおよび幅を8 mm、荷重を16 Nに変更する。

[0189] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、2.91 mmとなる。
(実施例57)

[0190] 実施例55において、凸部ピッチPおよび幅を10 mm、荷重を20 Nに変更する。

[0191] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、2.85 mmとなる。

(実施例 5 8)

[0192] 実施例 5 5 において、凸部ピッチ P および幅を 1 2 m m、荷重を 2 4 N に変更する。

[0193] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 1 2 m m となる。

(実施例 5 9)

[0194] 実施例 5 5 において、凸部ピッチ P および幅を 1 4 m m、荷重を 2 8 N に変更する。

[0195] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 4 4 m m となる。

(実施例 6 0)

[0196] 実施例 6 0 において、凸部 1 1 の直径を 7 m m、凸部ピッチ P および幅を 8 m m、荷重を 1 6 N に変更する。

[0197] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、4. 5 8 m m となる。

(実施例 6 1)

[0198] 実施例 6 0 において、凸部ピッチ P および幅を 1 0 m m、荷重を 2 0 N に変更する。

[0199] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 2 9 m m となる。

(実施例 6 2)

[0200] 実施例 6 0 において、凸部ピッチ P および幅を 1 2 m m、荷重を 2 4 N に変更する。

[0201] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 1 2 m m となる。

(実施例 6 3)

[0202] 実施例 6 0 において、凸部ピッチ P および幅を 1 4 m m、荷重を 2 8 N に変更する。

[0203] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 1 8 m m となる。

(実施例 6 4)

[0204] 実施例 6 0 において、凸部ピッチ P および幅を 1 6 m m、荷重を 3 2 N に変更する。

[0205] 三点曲げ試験による構造体の最大撓み量は、3. 5 8 m m となる。

[0206] 実施例 5 1 ～ 6 4 の結果を図 3 3 に示す。凸部 1 1 の大きさが直径 3, 5, 7 mm のいずれにおいても、凸部ピッチ P が直径の約 2 倍において、構造体の撓み量が最小となり、その前後の範囲で良好な剛性効果が得られる。

すなわち、凸部サイズと凸部ピッチ P の比率によって剛性効果が決定される。

また、凸部 1 1 の直径が小さいほど最大撓み量の最小値は低くなり、剛性効果が向上する。

[0207] 以下の実施例 6 5 ～ 6 8 では、凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 をつなぐ接続面 1 3 の形状を図 4 A の斜面形状とする。

(実施例 6 5)

[0208] 実施例 5 の薄板 2 において、正方配列する凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 をつなぐ接続面 1 3 の、ベース部 1 4 との接続部を直径 5 mm の円、接続面 1 3 を傾斜角 60° の斜面とし、凸部 1 1 の頂面部 1 2 の直径は 4.36 mm に変更する。

[0209] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.05 mm となる。

(実施例 6 6)

[0210] 実施例 6 5 において、凸部 1 1 とベース部 1 4 との接続面 1 3 を傾斜角 45° の斜面とし、凸部 1 1 の頂面部 1 2 の直径は 3.9 mm に変更する。

[0211] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.11 mm となる。

(実施例 6 7)

実施例 1 6 の薄板 2 において、±45° 千鳥配列する凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 とをつなぐ接続面 1 3 のベース部 1 4 との接続部を直径 5 mm の円、接続面 1 3 を傾斜角 60° の斜面とし、凸部 1 1 の頂面部 1 2 の直径は 4.36 mm となる。

[0212] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4.09 mm となる。

(実施例 6 8)

[0213] 実施例 6 7 において、凸部 1 1 とベース部 1 4 の接続面 1 3 を傾斜角 45° の斜面とし、凸部 1 1 の頂面部 1 2 の直径は 3.9 mm となる。

[0214] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 1 2 mm となる。

[0215] 実施例 6 5、6 6、6 7、6 8、および、凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 との接続面 1 3 が円筒形である実施例 5、1 6 の結果を図 3 4 に示す。

正方配列と千鳥配列のどちらにおいても、凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 をつなぐ接続面 1 3 が斜面でも円筒形でも撓み量はほぼ同じであり、同等の剛性が得られる。

凸部 1 1 を有する薄板 2 の成形例として、実施例 1 のプリプレグ積層体を加熱プレスする方法があるが、凸部 1 1 の頂面部 1 2 とベース部 1 4 の接続面 1 3 を円筒形から斜面とすることで、プリプレグ積層体がプレスによって延伸する割合が減少したため、成形性は向上する。

なお、十分な接着面積を確保するため、斜面の傾斜角は 4 5° 以上が望ましい。

[0216] 以下の実施例 6 9～7 4 では長方配列の凸部 1 1 の配列間隔について検討する。

(実施例 6 9)

[0217] 実施例 7 の薄板 2 において、凸部 1 1 の配列を図 3 5 に示す長方配列とし、P 1 (長方配列における凸部ピッチ 1) を 6 mm、P 2 (長方配列における凸部ピッチ 2) を 1 0 mm、薄板 2 および表面材 1 を構成する繊維強化複合材料積層の 1 層の厚みを 0. 1 mm、凸部 1 1 の高さ H を 0. 5 5 mm とし、厚み 1. 2 5 mm の構造体を得る。

[0218] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 1 6 mm となる。

(実施例 7 0)

[0219] 実施例 6 9 において、P 1 を 8 mm に変更する。

[0220] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 0 5 mm となる。

(実施例 7 1)

[0221] 実施例 6 9 において、P 1 を 1 2 mm に変更する。

[0222] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4. 1 2 mm となる。

(実施例 7 2)

[0223] 実施例 6 9 において、P 1 を 1 4 m m に変更する。

[0224] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 2 1 m m となる。

(実施例 7 3)

[0225] 実施例 6 9 において、P 1 を 1 6 m m に変更する。

[0226] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 3 3 m m となる。

(実施例 7 4)

[0227] 実施例 6 9 において、P 1 を 1 8 m m に変更する。

[0228] 実施例 2 と同様の曲げ試験により、最大撓み量は 4 . 4 1 m m となる。

[0229] 実施例 6 9 ～ 7 4、および、P 1 が P 2 と同じ 1 0 m m の正方配列である実施例 7 の結果を図 3 6 に示す。

実施例 7 の正方配列が最も剛性が高く、P 1 が 8 ～ 1 2 m m の範囲においても優れた剛性が得られる。

長方配列では、凸部 1 1 一個分含む等しい大きさの長方形に分割したときの長方形の長辺および短辺が、凸部 1 1 のサイズの 1 . 6 倍以上 2 . 4 倍以下であり、さらに、短辺と長辺の比率が 1 倍以上 1 . 2 5 以下であることが望ましい。

[0230] 以上、本発明の一実施形態について説明してきたが、本発明の技術範囲は上記実施の形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において各実施形態の構成要素の組み合わせを変えたり、各構成要素に種々の変更を加えたり、削除したりすることが可能である。

産業上の利用可能性

[0231] 本発明は、軽量性、薄肉性、及び剛性に優れた繊維強化複合材料構造体およびそれを用いた複合材料成形体、ならびにその製造方法に関し、スポーツ、又はレジャー用途から、自動車又は航空機等の産業用途、パーソナルコンピュータなどの電気電子機器、家電機器、および医療機器の筐体まで、幅広く用いることができる。

符号の説明

- [0232] 1 表面材
2 薄板
3 接着剤
4 樹脂構造体
5 接合部
6 繊維強化複合材料構造体
7 複合材料成形体
8 薄板用の下型
9 凸部用の突起
10 凸条用の突起
11 凸部
12 頂面部
13 接続面
14 ベース部
15 凸条
16 凸条の上面
17 凸条の側面
18 先端部
19 窪み
20 凸条の先端
21 凸条の窪み
P 凸部のピッチ
A 繊維 0° 積層方向
B 繊維 90° 積層方向
Y 支持台
Z 集中荷重
P1 長方配列における凸部ピッチ 1
P2 長方配列における凸部ピッチ 2

W 1 凸部のサイズ

W 2 凸条のサイズ

G 1 第 1 凸部の中心軸（第 1 凸部の重心の位置）

G 2 第 2 凸部の中心軸（第 2 凸部の重心の位置）

H 凸部の高さ

S 凸部の頂面部の面積

γ ベース部と接続面とのなす角度

請求の範囲

- [請求項1] 繊維強化複合材料構造体であって、
第一面と、頂面を有するとともに前記第一面上に突出し規則的に配置された複数の凸部とを有する薄板と；
第二面を有し、前記第二面で前記頂面と接合されている表面材と；
を備えた
繊維強化複合材料構造体。
- [請求項2] 前記複数の凸部のうちの一つの凸部において、前記凸部の頂面の形状及び前記凸部と前記第一面との境界線で囲まれる第1領域の形状が、
正方形、長方形、菱形、三角形、五角形、六角形、円形、楕円形、丸角正方形、丸角長方形、丸角菱形、丸角三角形、丸角五角形、及び丸角六角形から選択される少なくとも1種である
請求項1に記載の繊維強化複合材料構造体。
- [請求項3] 前記複数の凸部は、一つの第1凸部と、前記第1凸部に隣り合う第2凸部とを有し、
前記第一面と垂直な方向における前記第1凸部の中心軸と、前記第2凸部の中心軸との間隔によって凸部ピッチが規定され、
前記凸部ピッチが前記第1領域の最小径の1.6～2.4倍である、
請求項1又は2に記載の繊維強化複合材料構造体。
- [請求項4] 前記複数の凸部が規則的に設けられた第2領域において、前記第2領域の面積が α で定義され、前記複数の凸部の前記頂面の面積の合計が β で定義され、比 β/α が5%以上40%未満である
請求項1～3のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。
- [請求項5] 前記複数の凸部のうちの一つの凸部において、前記凸部の頂面の面積が前記薄板の板厚の2乗の5倍以上～500倍未満である、
請求項1～4のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。
- [請求項6] 前記複数の凸部の高さが前記薄板の板厚の0.5倍以上10倍未満

である

請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。

[請求項7]

前記薄板は強化繊維を含み、

前記複数の凸部の配列が、

前記強化繊維における繊維の長さ方向に対して 0° および 90° 方向に配列する正方配列ならびに長方配列、または前記複数の凸部の配列方向が前記繊維の長さ方向に対して角度をなす千鳥配列から選択される少なくとも 1 種の配列を含む、

請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。

[請求項8]

前記複数の凸部の各々において、前記頂面に平行な方向の断面における最小値フェレ径が、前記薄板の板厚の 3 倍以上 30 倍未満である

請求項 1 ～ 7 のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。

[請求項9]

前記複数の凸部の各々の先端部に凹状の窪みを有する、

請求項 1 ～ 8 のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体。

[請求項10]

請求項 1 ～ 9 のいずれか一項に記載の繊維強化複合材料構造体と、

前記薄板の端部と前記表面材の端部との間に形成される空間に充填された接合部と、前記接合部によって前記繊維強化複合材料構造体と接合される樹脂構造体と、

を備える

複合材料成形体。

[請求項11]

前記第一面上に突出し、

前記複数の凸部を囲むように連続して配置される凸条をさらに備え、

前記凸条と、前記薄板の前記端部と、前記表面材の前記端部とで囲まれる空間に、前記接合部が充填されている

請求項 10 に記載の複合材料成形体。

[請求項12]

前記繊維強化複合材料構造体と前記樹脂構造体との接合界面に設けられた接着剤層を有する

請求項 10 または 11 に記載の複合材料成形体。

[請求項13]

前記樹脂構造体が熱可塑性樹脂を含む

請求項 10 ～ 12 のいずれか一項に記載の複合材料成形体。

[請求項14]

前記樹脂構造体がさらにガラス繊維を含む

請求項 13 に記載の複合材料成形体。

[請求項15]

複合材料成形体の製造方法であって、

強化繊維と熱硬化性樹脂組成物とを含むプリプレグ積層体を準備し

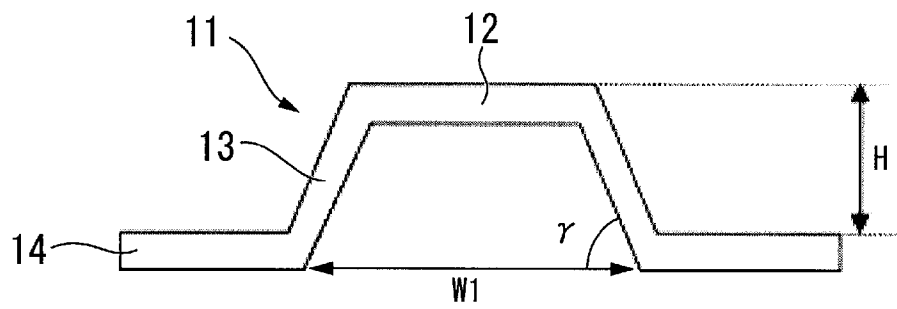
、

突起または窪みを有する型を用いて前記プリプレグ積層体を加熱加圧して、複数の凸部を有する薄板を作製し、

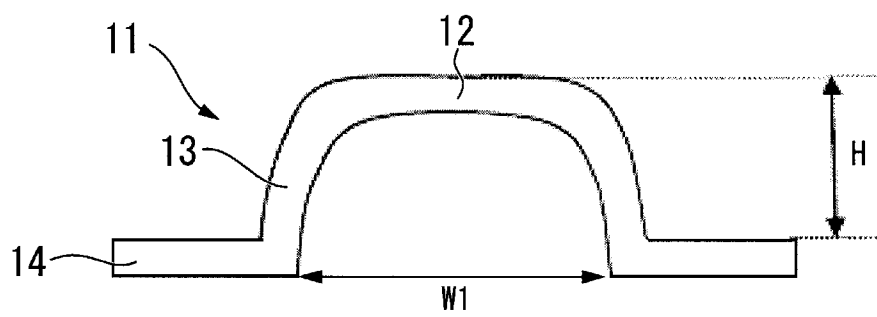
前記薄板の前記凸部の頂面に表面材を接合することで繊維強化複合材料構造体を作製し、

樹脂材料を前記薄板と前記表面材との間に注入射出して、前記樹脂材料を含む樹脂構造体と前記繊維強化複合材料構造体とを接合する複合材料成形体の製造方法。

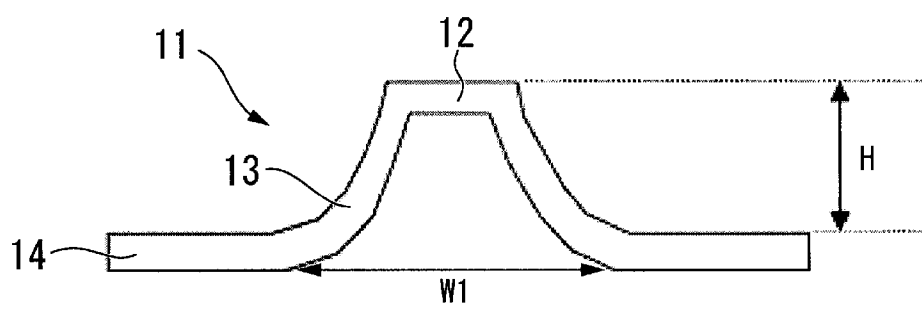
[図4A]



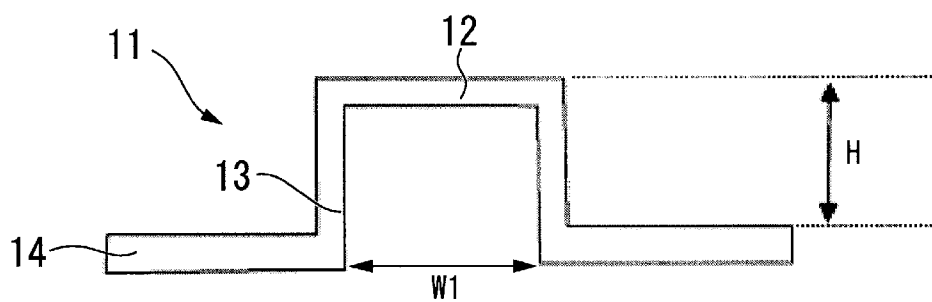
[図4B]



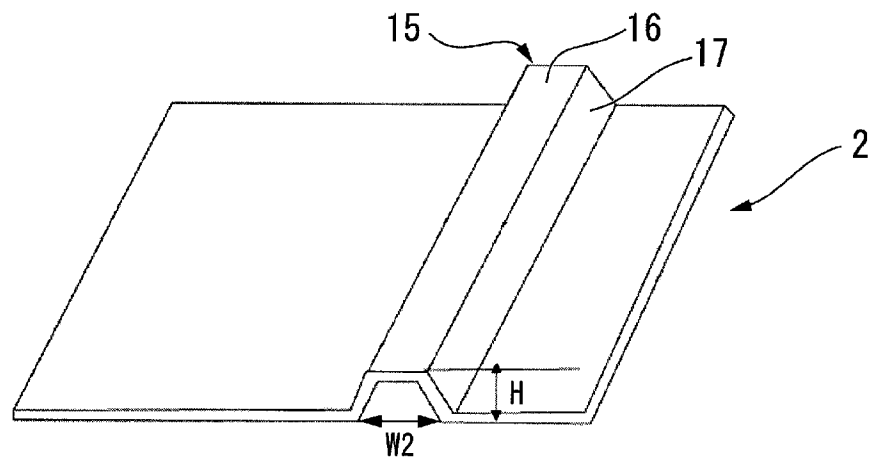
[図4C]



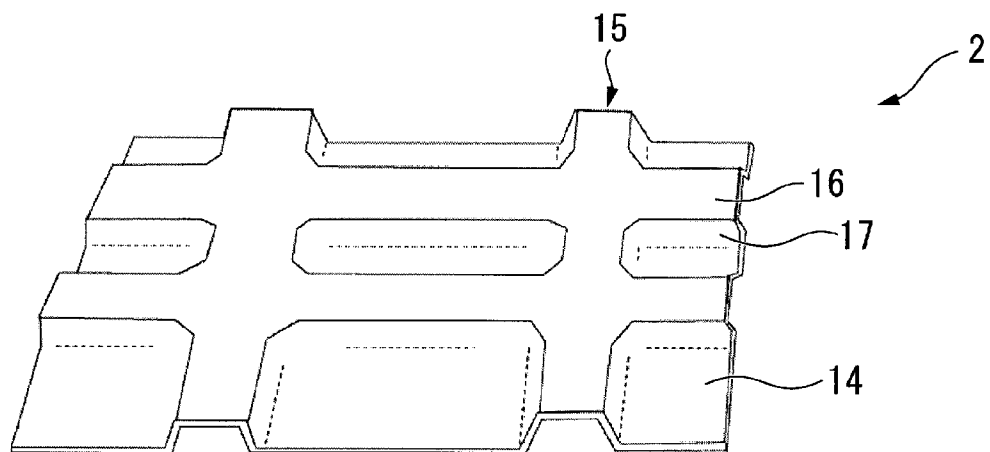
[図4D]



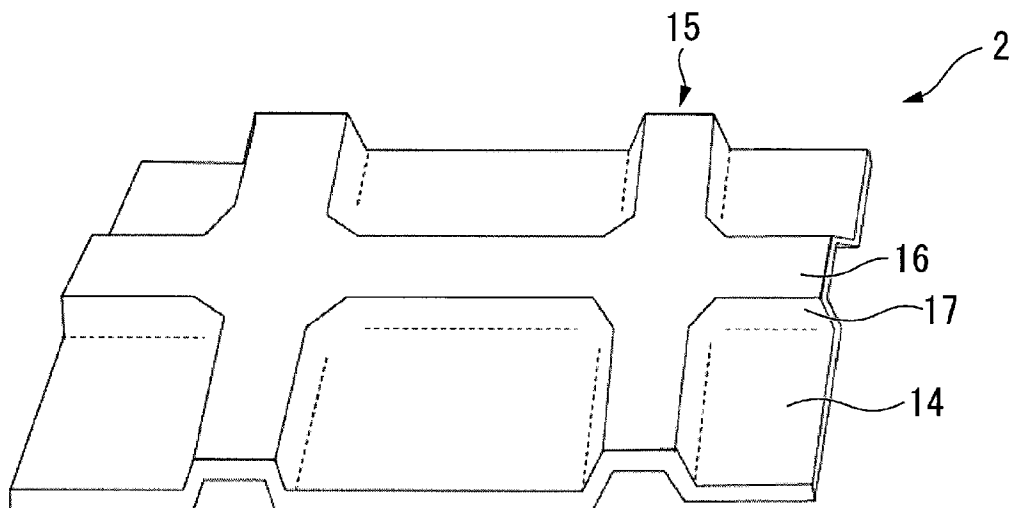
[図5]



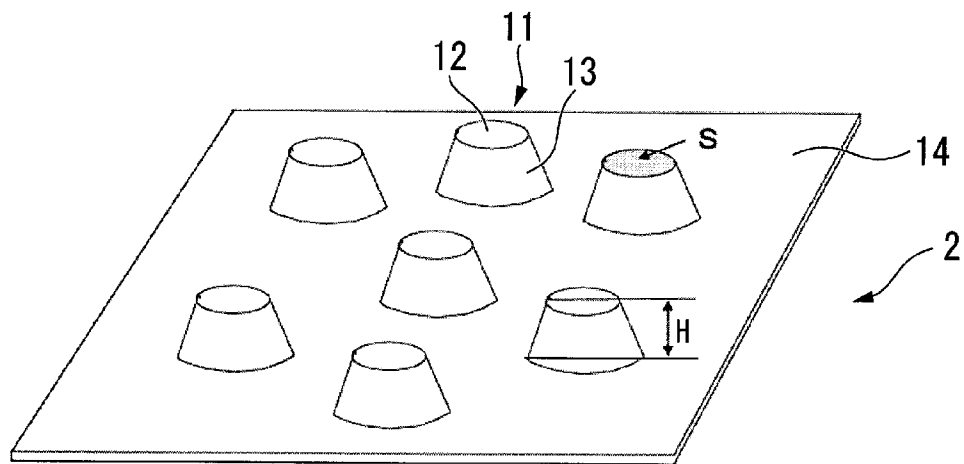
[図6]



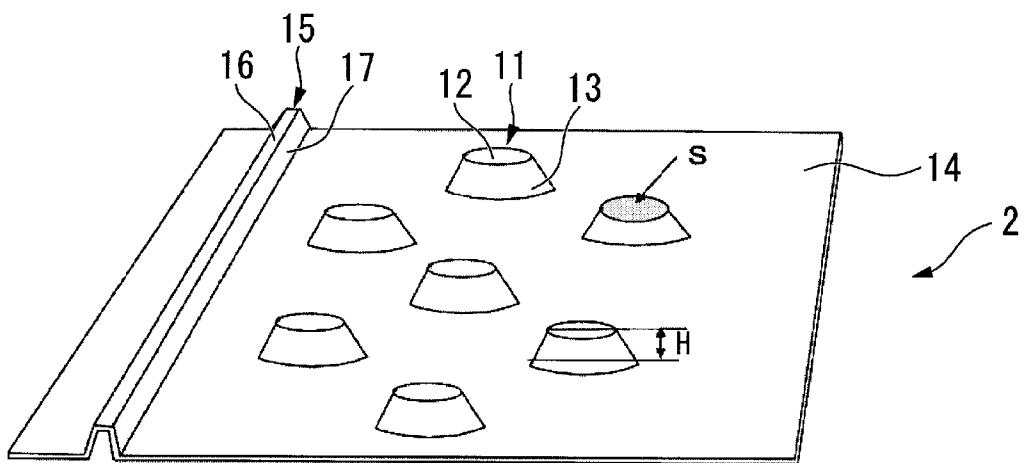
[図7]



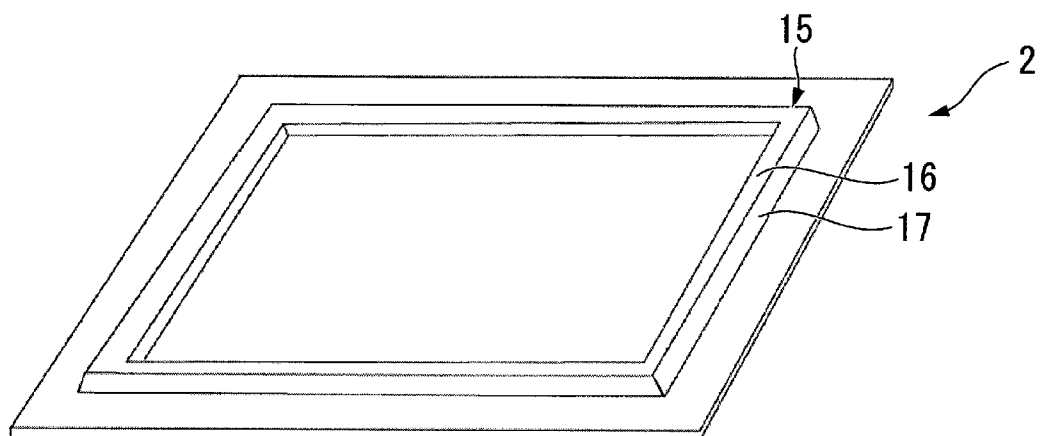
[図8]



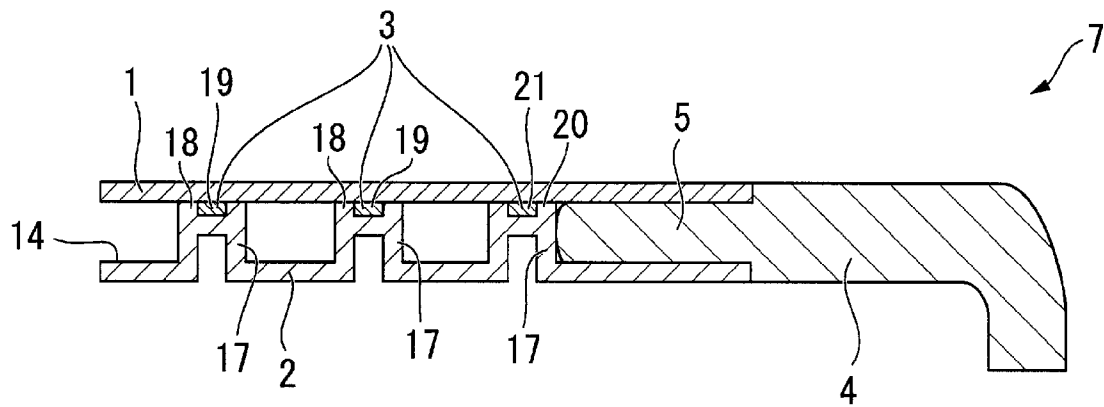
[図9]



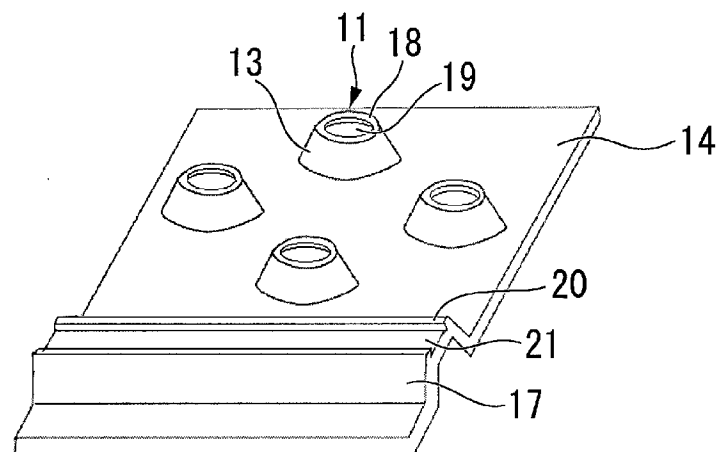
[図10]



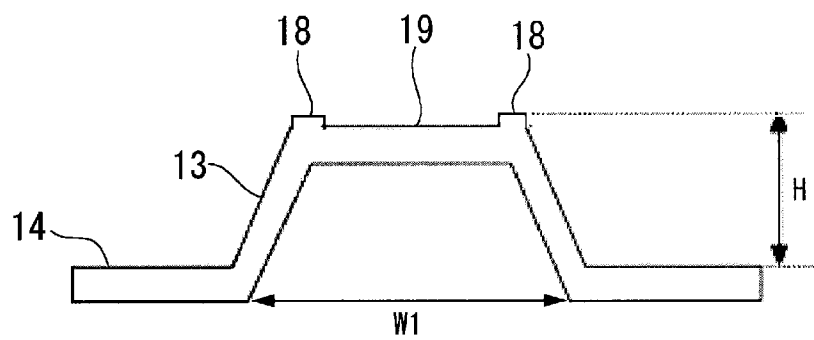
[図11]



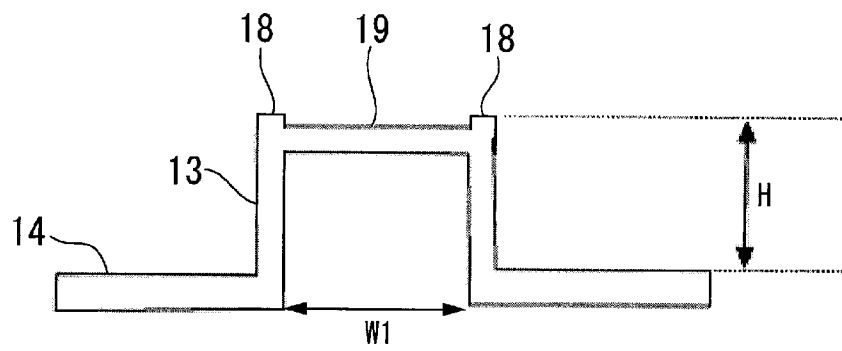
[図12]



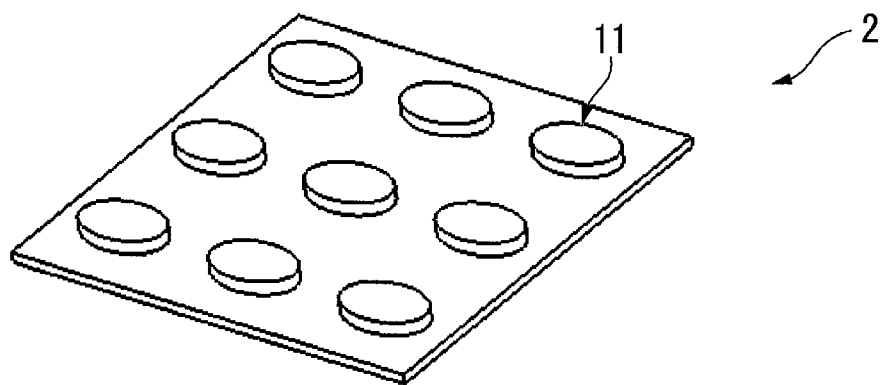
[図13A]



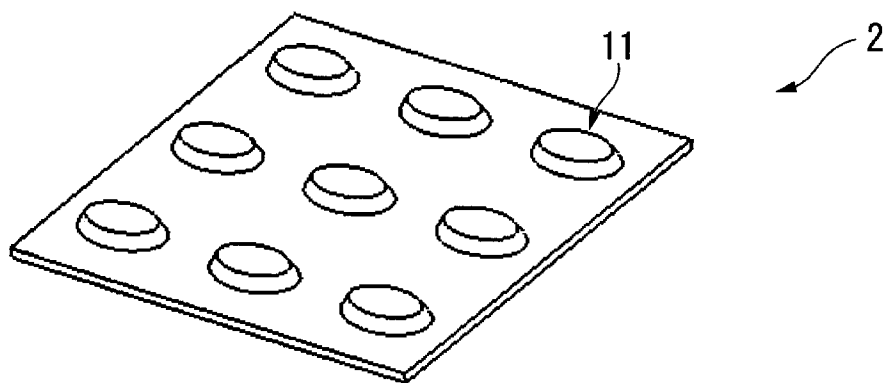
[図13B]



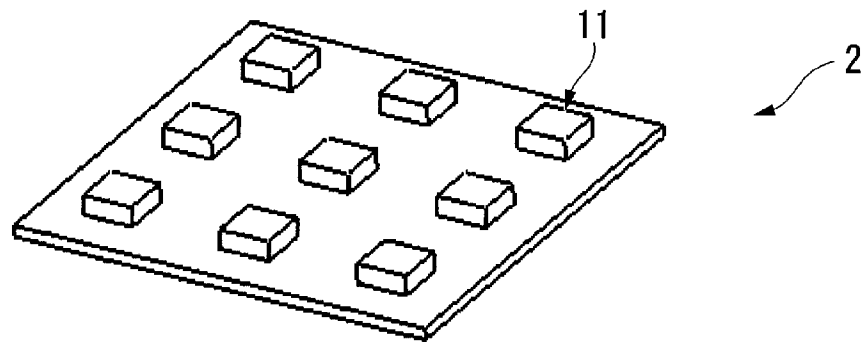
[図14]



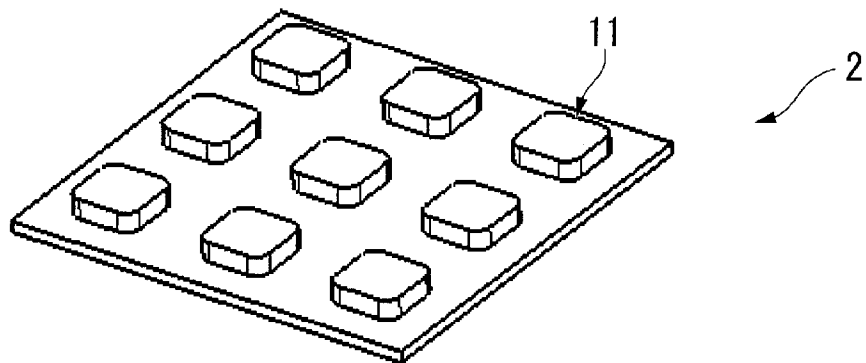
[図15]



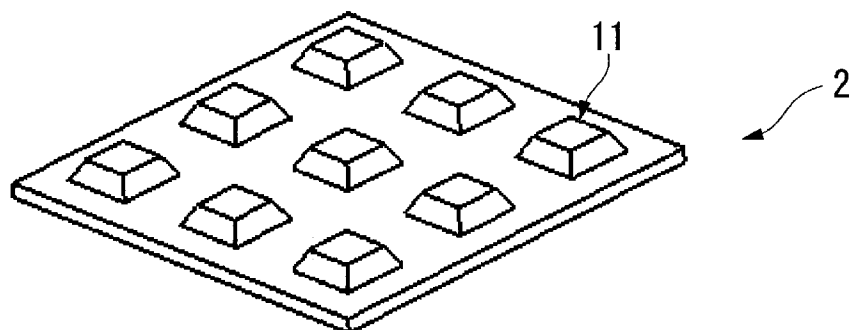
[図16]



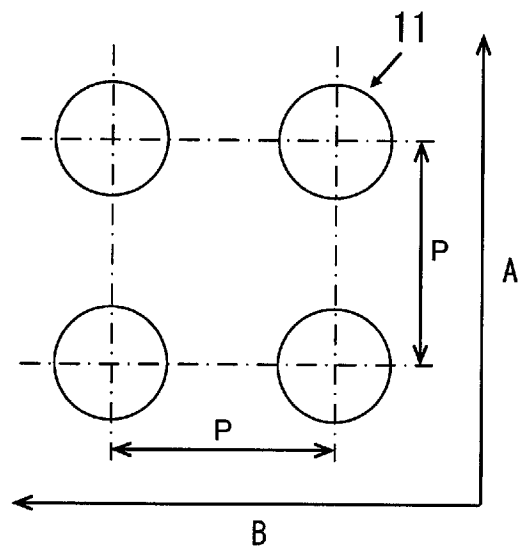
[図17]



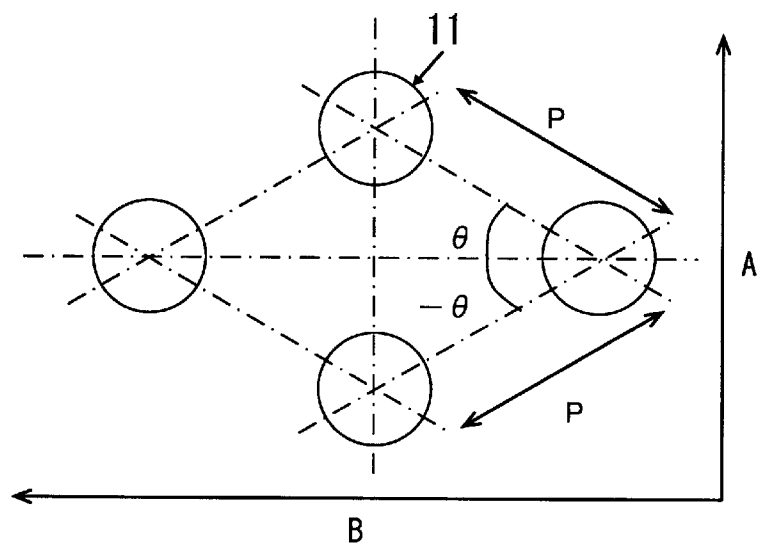
[図18]



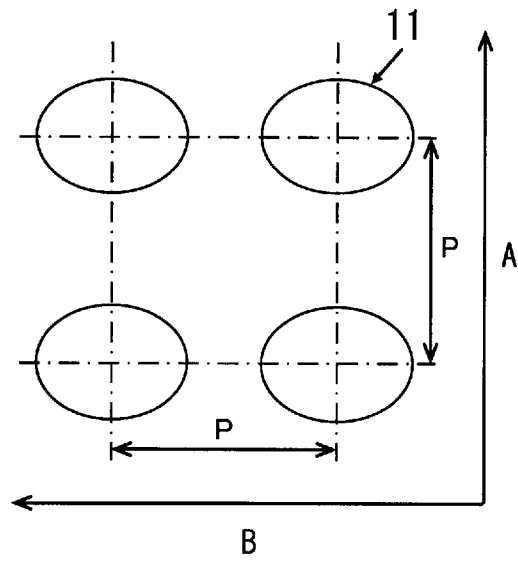
[図19]



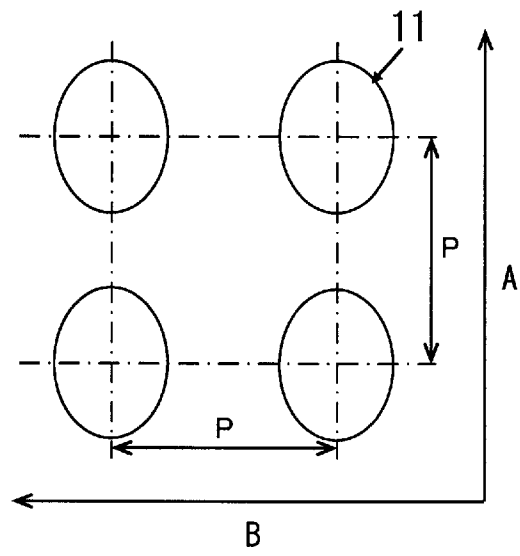
[図20]



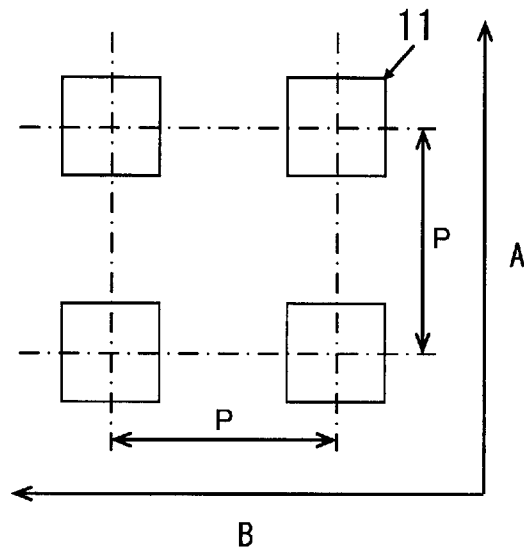
[図21]



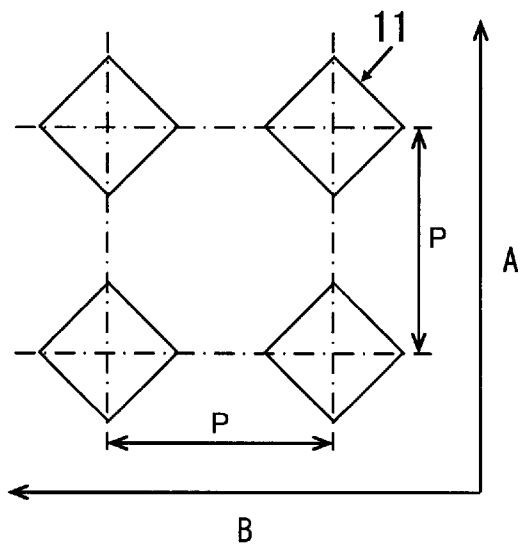
[図22]



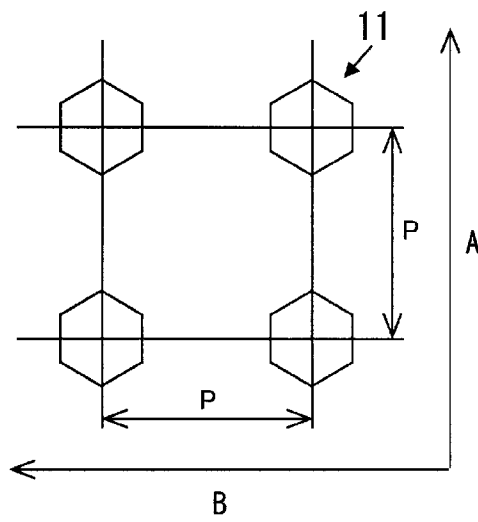
[図23]



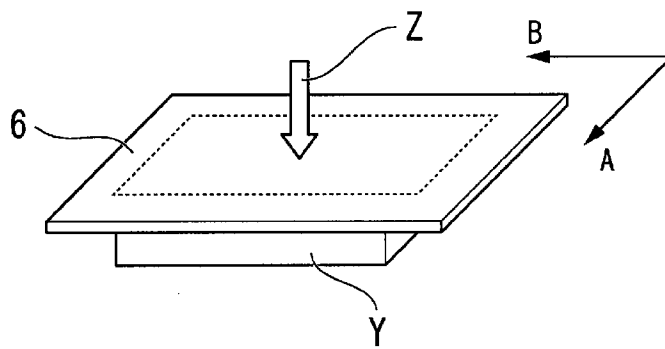
[図24]



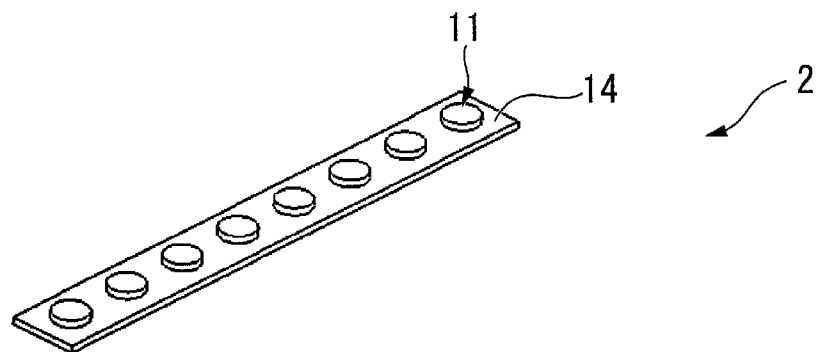
[図25]



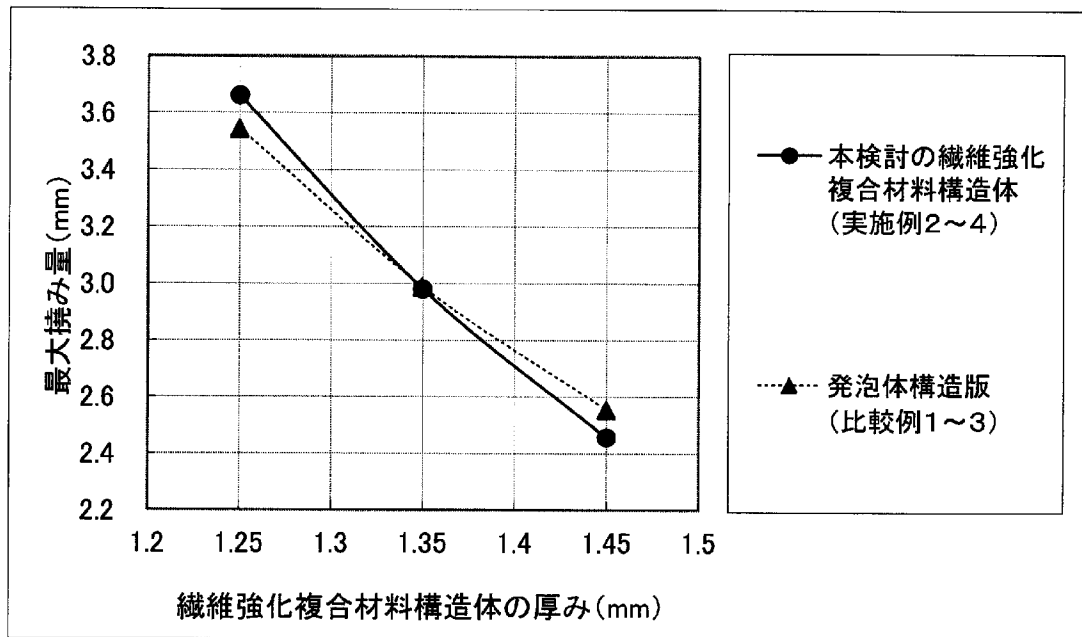
[図26]



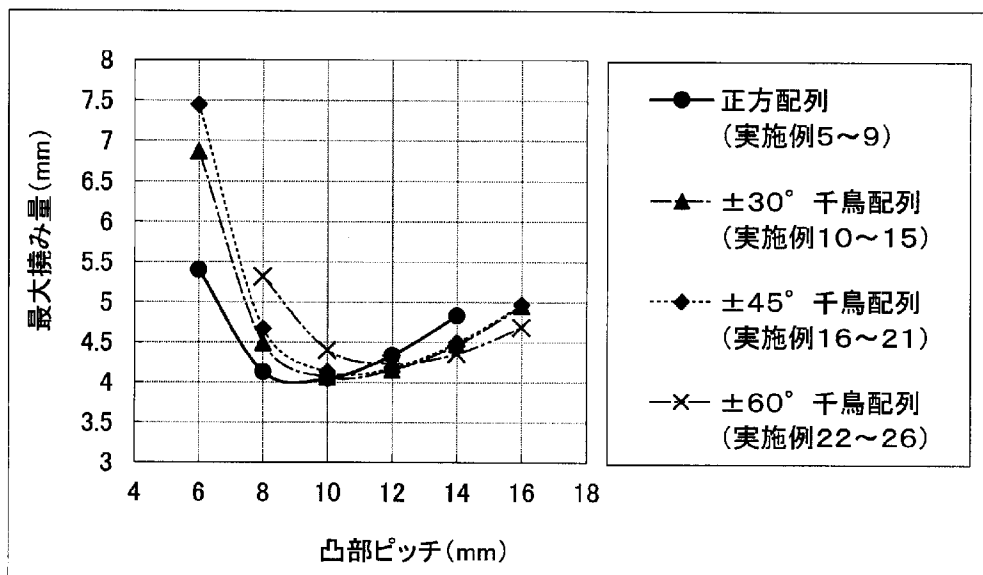
[図27]



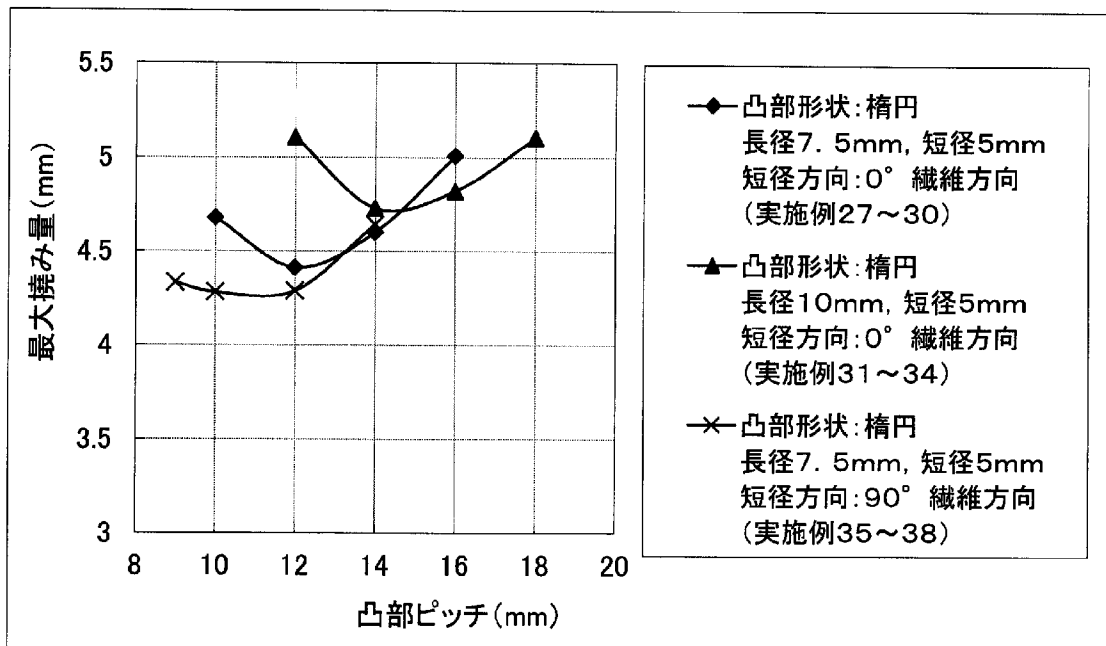
[図28]



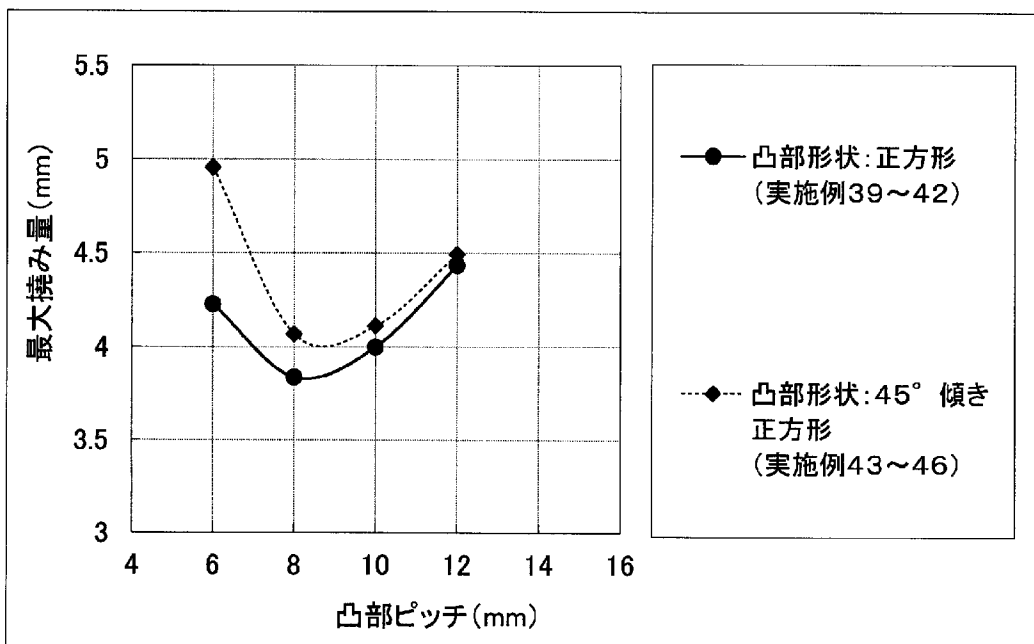
[図29]



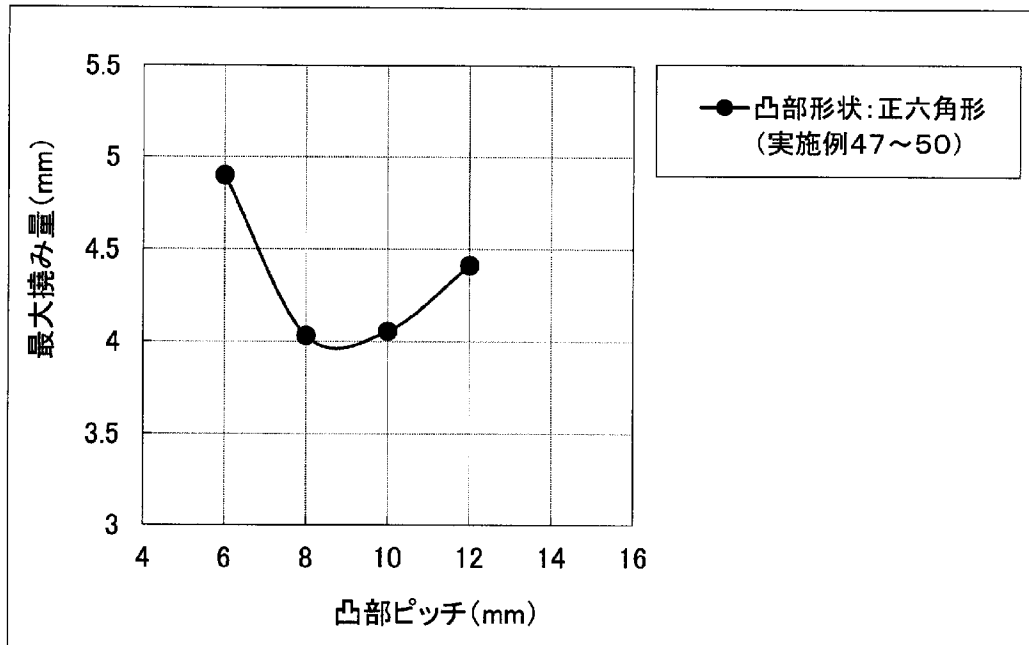
[図30]



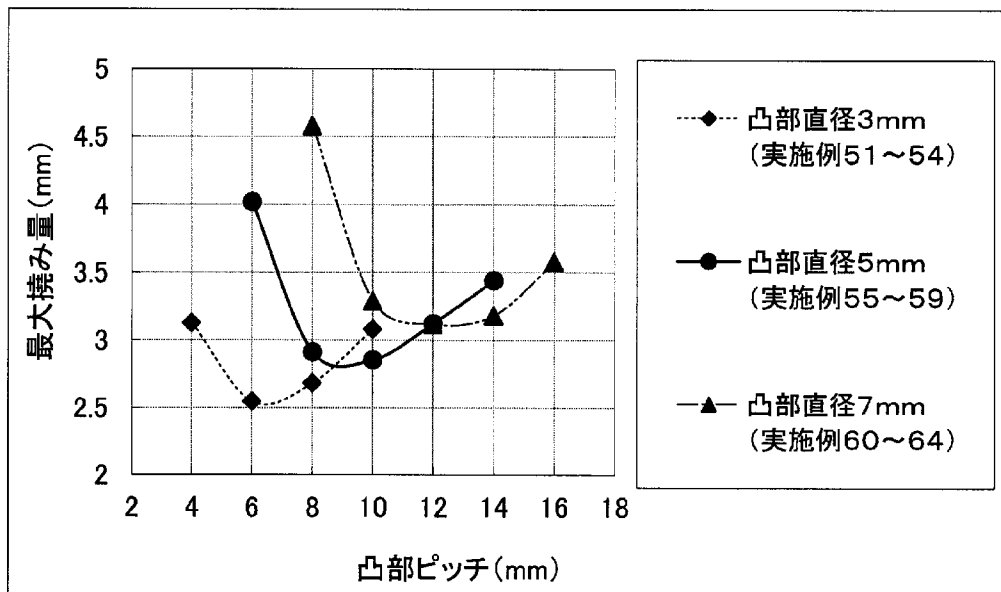
[図31]



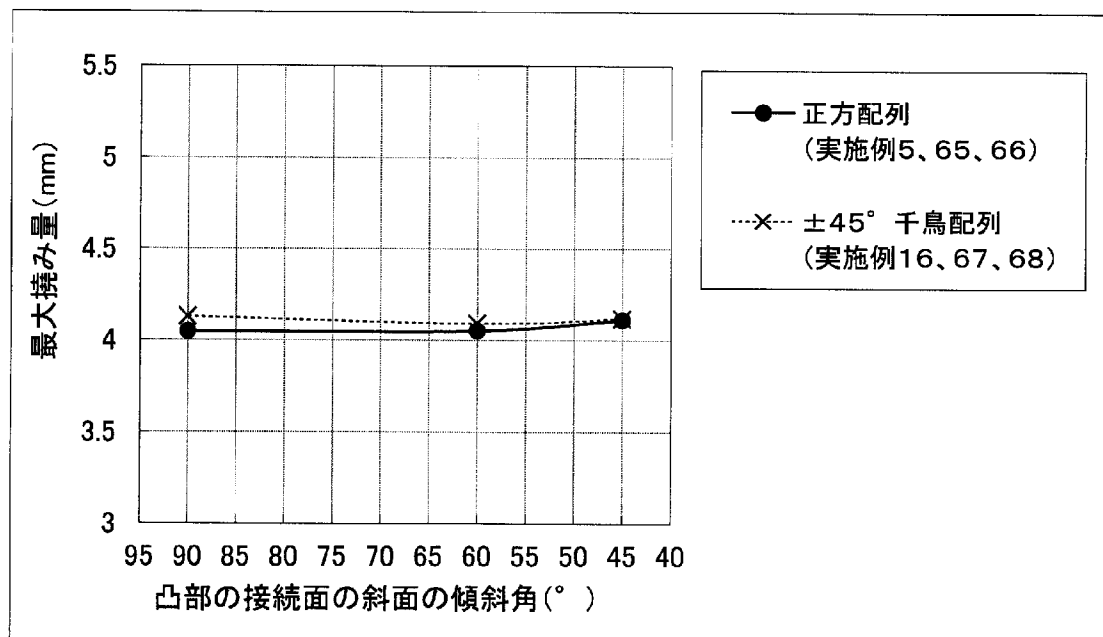
[図32]



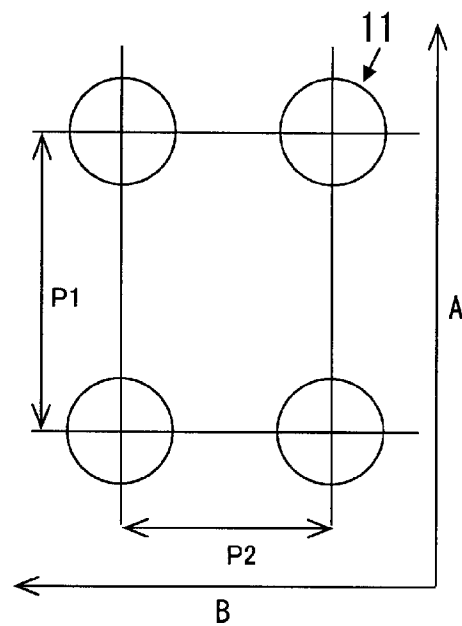
[図33]



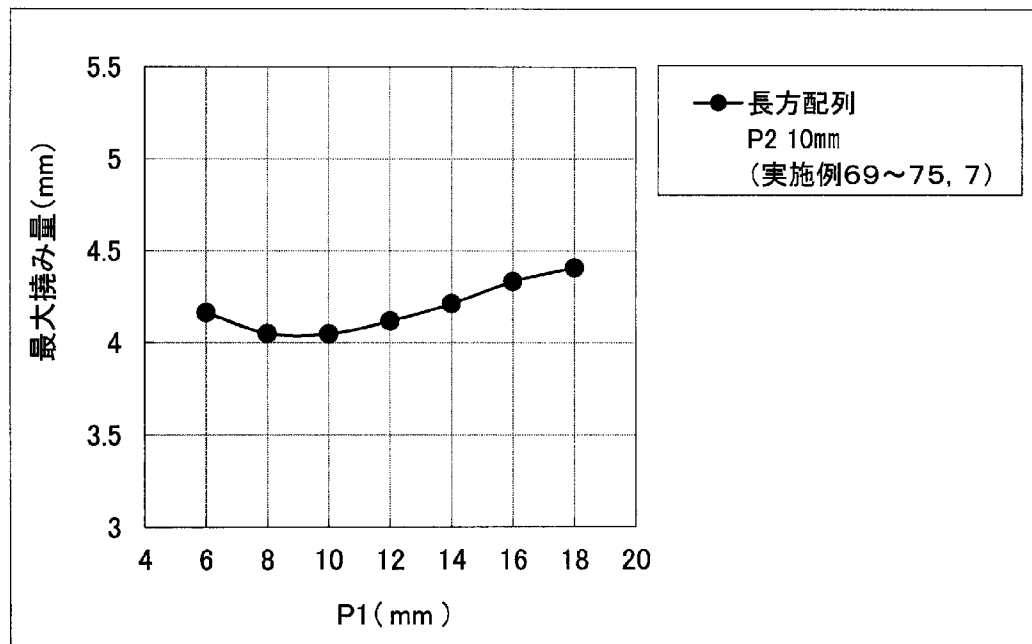
[図34]



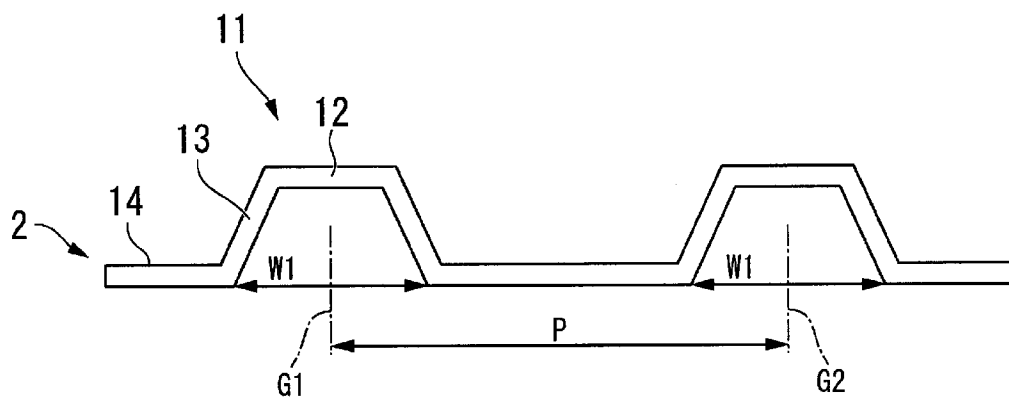
[図35]



[図36]



[図37]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B32B5/28(2006.01)i, B29C43/18(2006.01)i, B29C45/14(2006.01)i, B29C65/48(2006.01)i, B32B3/30(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)

B32B3/30, B32B5/00, B32B5/28, B29C41/20, B29C43/18, B29C45/14, B29C65/48, B29K105/08, H05K5/02

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 1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2013 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2013

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 Y A	JP 4-197624 A (Japan Vilene Co., Ltd.), 17 July 1992 (17.07.1992), page 2, upper left column, lines 6 to 11; page 2, upper right column, line 10 to lower left column, line 3; page 2, lower right column, line 17 to page 3, upper left column, line 20; page 3, lower left column, line 14 to lower right column, line 2; page 4, upper left column, line 19 to upper right column, line 3; fig. 1, 2 (Family: none)	1-6, 8 10, 12-15 7, 11



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
18 September, 2013 (18.09.13)

Date of mailing of the international search report
01 October, 2013 (01.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069500

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2006-231761 A (Nagoya Oilchemical Co., Ltd.), 07 September 2006 (07.09.2006), claims; paragraphs [0005], [0008] to [0011], [0035], [0039] to [0045]; fig. 3, 4, 8 to 11 (Family: none)	1-6, 8, 9 10, 12-15 7, 11
X Y	JP 2005-169635 A (Shin Nippon Kasei Kabushiki Kaisha), 30 June 2005 (30.06.2005), paragraphs [0011], [0015] to [0019], [0028] to [0029]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-6, 8 10, 12-15
X Y	JP 10-156985 A (Tomoku Co., Ltd.), 16 June 1998 (16.06.1998), paragraphs [0001], [0007] to [0009], [0016], [0029], [0033]; fig. 6 (Family: none)	1-6, 8 10, 12-15
Y	JP 2000-43171 A (Toray Industries, Inc.), 15 February 2000 (15.02.2000), claims; paragraphs [0029], [0033] to [0034]; fig. 3 (Family: none)	10, 12-15
Y	JP 2007-130815 A (Daiwa Industry Co., Ltd.), 31 May 2007 (31.05.2007), paragraphs [0008], [0037], [0042] to [0043]; fig. 8 (Family: none)	10, 12-15
A	JP 5-245960 A (Honshu Paper Co., Ltd.), 24 September 1993 (24.09.1993), claims; paragraphs [0007] to [0022]; fig. 1 to 3, 7 (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. B32B5/28(2006.01)i, B29C43/18(2006.01)i, B29C45/14(2006.01)i, B29C65/48(2006.01)i, B32B3/30(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（I P C）） Int.Cl. B32B3/30, B32B5/00, B32B5/28, B29C41/20, B29C43/18, B29C45/14, B29C65/48, B29K105/08, H05K5/02			
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 3 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 3 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 3 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 Y A	JP 4-197624 A（日本バイリーン株式会社）1992.07.17, 第2頁左上欄第6-11行, 第2頁右上欄第10行-左下欄第3行, 第2頁右下欄第17行-第3頁左上欄第20行, 第3頁左下欄第14行-右下欄第2行, 第4頁左上欄第19行-右上欄第3行, 第1,2図（ファミリーなし）	1-6, 8 10, 12-15 7, 11	
X Y A	JP 2006-231761 A（名古屋油化株式会社）2006.09.07, 特許請求の範囲の記載, 段落【0005】 , 【0008】 - 【0011】 , 【0035】 , 【0039】 - 【0045】 , 図3, 4, 8-11（ファミリーなし）	1-6, 8, 9 10, 12-15 7, 11	
☒ 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 1 8 . 0 9 . 2 0 1 3		国際調査報告の発送日 0 1 . 1 0 . 2 0 1 3	
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） 松岡 美和 電話番号 03-3581-1101 内線 3474	4 S 9 6 1 7

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
X Y	JP 2005-169635 A (新日本化成株式会社) 2005.06.30, 段落【0011】, 【0015】 - 【0019】, 【0028】 - 【0029】, 図 1-4 (ファミリーなし)	1-6, 8 10, 12-15
X Y	JP 10-156985 A (株式会社トーモク) 1998.06.16, 段落【0001】, 【0007】 - 【0009】, 【0016】, 【0029】, 【0033】, 図 6 (ファミリー なし)	1-6, 8 10, 12-15
Y	JP 2000-43171 A (東レ株式会社) 2000.02.15, 特許請求の範囲の記 載, 段落【0029】, 【0033】 - 【0034】, 図 3 (ファミリーなし)	10, 12-15
Y	JP 2007-130815 A (大和化成工業株式会社) 2007.05.31, 段落 【0008】, 【0037】, 【0042】 - 【0043】, 図 8 (ファミリーなし)	10, 12-15
A	JP 5-245960 A (本州製紙株式会社) 1993.09.24, 特許請求の範囲の 記載, 段落【0007】 - 【0022】, 図 1-3, 7 (ファミリーなし)	1-15