

(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
2024年2月29日(29.02.2024)



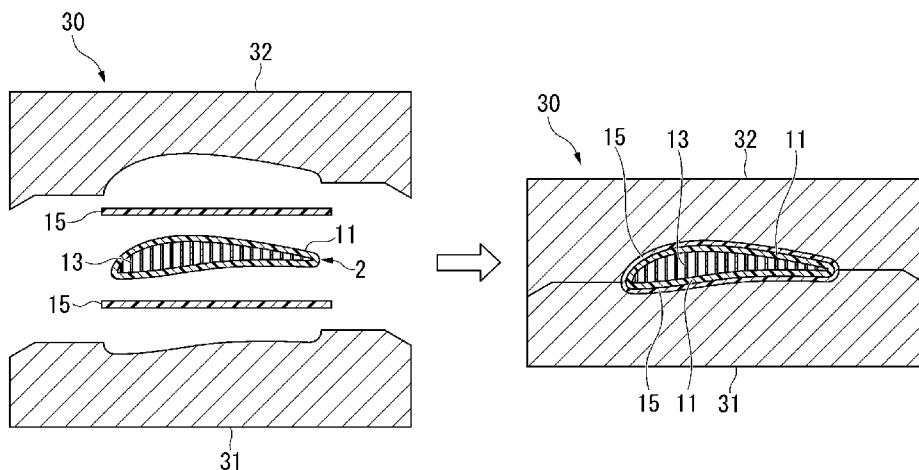
(10) 国際公開番号

WO 2024/043318 A1

- (51) 国際特許分類:
B29C 43/14 (2006.01) B29C 70/42 (2006.01)
B29C 43/20 (2006.01) B32B 3/12 (2006.01)
B29C 70/06 (2006.01) B32B 37/02 (2006.01)
B29C 70/34 (2006.01) B32B 37/18 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/030582
- (22) 国際出願日: 2023年8月24日(24.08.2023)
- (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 2022-133293 2022年8月24日(24.08.2022) JP
特願 2023-070926 2023年4月24日(24.04.2023) JP
- (71) 出願人 (JP についてのみ): 株式会社チャレンヂ(CHALLENGE CO., LTD.) [JP/JP]; 〒3501325 埼玉県狭山市根岸679-1 Saitama (JP).
- (71) 出願人: 三菱ケミカル株式会社(MITSUBISHI CHEMICAL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008251 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 久保脇 昌之(KUBOWAKI Masayuki); 〒3501325 埼玉県狭山市根岸679-1 株式会社チャレンヂ内 Saitama (JP). 佐々 喜紀(SASA Yoshinori); 〒1008251 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱ケミカル株式会社内 Tokyo (JP). 濱本 博己(HAMAMOTO Hiroki);

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING HONEYCOMB SANDWICH STRUCTURE AND SAID STRUCTURE

(54) 発明の名称: ハニカムサンドイッチ構造体の製造方法およびその構造体



(57) Abstract: Provided is a novel method for manufacturing a honeycomb sandwich structure in which a honeycomb core is sandwiched between CFRP layers. The method comprises: (i) charging a mold for primary molding with a honeycomb core and at least two first preregs; (ii) obtaining a primary molded article of a honeycomb sandwich structure in which the honeycomb core is sandwiched between two first CFRP layers by pressurizing and heating the charged mold for primary molding with a press machine; (iii) charging a mold for secondary molding with the primary molded article and



WO 2024/043318 A1

〒1008251 東京都千代田区丸の内一丁目1番1号 三菱ケミカル株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 田 ▲ 崎 ▼ 聡, 外 (TAZAKI Akira 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

at least two second prepregs; and (iv) obtaining a secondary molded article of the honeycomb sandwich structure in which the honeycomb core is sandwiched between the two first CFRP layers and second CFRP layers are stacked on the two respective first CFRP layers by pressurizing and heating the charged mold for secondary molding with the press machine.

(57) 要約: CFRP層でハニカムコアを挟んだハニカムサンドイッチ構造体の、新規な製造方法を提供すること。(i) ハニカムコアと少なくとも2枚の第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージすることと、(ii) 前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが2つの第一CFRP層で挟まれたハニカムサンドイッチ構造の一次成形品を得ることと、(iii) 前記一次成形品と少なくとも2枚の第二プリプレグで二次成形用の金型をチャージすることと、(iv) 前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが前記2つの第一CFRP層で挟まれ、かつ、前記2つの第一CFRP層のそれぞれの上に第二CFRP層が積層した、ハニカムサンドイッチ構造の二次成形品を得ることと、を含むハニカムサンドイッチ構造体の製造方法。

明 細 書

発明の名称：

ハニカムサンドイッチ構造体の製造方法およびその構造体

技術分野

[0001] 本発明は、ハニカムサンドイッチ構造体の製造方法およびその構造体に関する。

本願は、2022年8月24日に日本に出願された特願2022-133293号、および2023年4月24日に日本に出願された特願2023-070926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] 近年開発が盛んな無人航空機では、より高い高度を飛行できること、つまり、より空気密度が低い空間を飛行できることが求められている。これを可能とする方法のひとつは、翼をより高速で回転させて、大きな揚力を発生させることであり、そのためには、翼の剛性を高めることが必要となる。

一方、翼を高速回転させると騒音が大きくなることから、これを避けて上記目的を達成するために、翼を厚くして回転数当たりの揚力を強くすることも考えられる。ところが、翼を厚くすることに伴い重量が増すと、揚力の向上効果が相殺されてしまう。従って、重量を大きく増加させることなく、翼を厚くすることが求められる。

上記の要求に応えるために、CFRP (Carbon Fiber Reinforced Plastics : 炭素繊維強化樹脂) 層でハニカムコアを挟んだ、ハニカムサンドイッチ構造の翼が提案されている (特許文献1)。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2021-112849号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1は、ハニカム材のセルの開口面に交差する方向から、打ち抜き金型をプレスして、前記打ち抜き加工されたハニカム構造体を製造する第一の工程と、ハニカムコアを打ち抜き加工したハニカム構造体に、硬化または固化前の第一表皮層および硬化または固化前の第二表皮層を積層させ、当該硬化または固化前の前記第一表皮層および当該硬化または固化前の前記第二表皮層とを硬化または固化させる第二の工程と、を含む、積層体の製造方法が記載されている。

この方法は、事前に得たハニカム構造体に第一表皮層および第二表皮層を積層させるため、ハニカム構造体の形状によっては第一表皮層および第二表皮層は積層する際にしわが生じる場合や、積層体表面の加圧が均一にならない場合がある。

また、特許文献1は、硬化または固化した第三表皮層および第四表皮層と、ハニカムコアを打ち抜き加工したものを事前に準備しておき、ハニカムコア、プリプレグ、第三表皮層および第四表皮層を金型にチャージして、圧縮、加熱してハニカムサンドイッチ構造体を得る積層体の製造方法が記載されている。

この方法は、第三表皮層および第四表皮層は表面ボイドが少ないものが得られるが、第三表皮層または第四表皮層とプリプレグとの間に、プリプレグから発生したボイドが第三表皮層または第四表皮層を通り抜けられないので、ボイドが溜まりやすい。

また、ハニカムサンドイッチ構造の製造工程の金型と第三表皮層および第四表皮層の形状が、第三表皮層および第四表皮層の硬化または固化時の収縮などにより合致しない場合があると、第一表皮層および第二表皮層に厚み斑が発生する恐れがある。

さらには、第三表皮層製造工程、第四表皮層製造工程、ハニカムコアの打ち抜き工程、ハニカムサンドイッチ構造の製造工程と4つの別の工程があり、作業の手間と時間がかかり生産性が良くないため、生産コストも高くなっ

てしまう。

[0005] CFRP層でハニカムコアを挟んだハニカムサンドイッチ構造体の、新規な製造方法を提供することを目的とする。

また、剛性に優れたハニカムサンドイッチ構造体を提供することを目的の一つとする。

さらに、外観の良いハニカムサンドイッチ構造体を提供することも目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0006] 本発明の一態様は、(i) ハニカムコアと少なくとも2枚の第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージすることと、(ii) 前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが2つの第一CFRP層で挟まれたハニカムサンドイッチ構造の一次成形品を得ることと、(iii) 前記一次成形品と少なくとも2枚の第二プリプレグで二次成形用の金型をチャージすることと、(iv) 前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが前記2つの第一CFRP層で挟まれ、かつ、前記2つの第一CFRP層のそれぞれの上に第二CFRP層が積層した、ハニカムサンドイッチ構造の二次成形品を得ることと、を含むハニカムサンドイッチ構造体の製造方法である。

[0007] 本発明の他の一態様は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、

以下の測定方法で求められる値Aが、0.01以上0.10以下であるハニカムサンドイッチ構造体である。

(値Aの測定方法)

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフトImageJを用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、CFRP層の最

内面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記最内面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_A と前記距離の平均値 D_B を算出し、下記式(1)から値Aを求める。

$$A = D_A / D_B \quad \dots \text{式(1)}$$

なお、上記の通り値Aの測定においてはハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を測定するものである。最も厚みがある部分以外において値Aが上記範囲外であったとしても、最も厚みのある部分で値Aが上記範囲を満足していればこの態様に該当するものとみなすことができる。

[0008] 本発明の他の一態様は、前記織物層よりもハニカムサンドイッチ構造体の外表面側に前記UD層が隣接して配置されており、以下の測定方法で求められる値Bが、0.01以上0.10以下である、前記記載のハニカムサンドイッチ構造体である。

(値Bの測定方法)

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフトImageJを用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、前記織物層と前記UD層との境界面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記境界面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_C と前記距離の平均値 D_D を算出し、下記式(2)から値Bを求める。

$$B = D_C / D_D \quad \dots \text{式(2)}$$

なお、上記の通り値Bの測定においてはハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を測定するものである。最も厚みがある部分以外において値Bが上記範囲外であったとしても、最も厚みのある部分で値Bが上記範囲を満足していればこの態様に該当するものとみなすことができる。

[0009] 本発明の他の一態様は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であ

って、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である、ハニカムサンドイッチ構造体である。

(距離の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

[0010] 本発明の他の一態様は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記ハニカムコアを挟む前記CFRP層の少なくとも一方には、ハニカムコア側に最も近い位置のCFRP層に、織物の繊維補強材を有する織物層が配置されており、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である、ハニカムサンドイッチ構造体である。

(距離の標準偏差の測定方法)

ハニカムコア側に最も近い前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。ハニカムコア側に最も近い前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

[0011] 本発明の他の一態様は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であ

って、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層の織物糸について以下の測定方法により求められる角度の標準偏差が1.5度以下である、ハニカムサンドイッチ構造体である。

(角度の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトウェアImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層において隣り合う10本の前記糸Bのそれぞれについて、前記糸Bの断面を楕円近似した長軸方向と、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面曲線上の前記糸Bとの最近接点における外表面の接線と平行で、かつ前記糸Bの重心を通る基準線とがなす角度を求め、その標準偏差を算出する。

発明の効果

[0012] CFRP層でハニカムコアを挟んだハニカムサンドイッチ構造体の、新規な製造方法が提供される。

また、剛性に優れたハニカムサンドイッチ構造体を提供される。さらに、外観の良いハニカムサンドイッチ構造体を提供される。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]図1は、実施形態に係る製造方法を用いて製造し得る無人航空機用翼の断面図である。

[図2]図2は、実施形態に係る製造方法に用い得るハニカムコアを示す。図2(A)は斜視図であり、図2(B)は平面図である。

[図3]図3は、ハニカムコアと第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージする様子の一例を示す断面図である。

[図4]図4は、ハニカムコアと第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージする様子の一例を示す断面図である。

[図5]図5は、一次成形品と第二プリプレグで二次成形用の金型をチャージする様子を示す断面図である。

[図6]図6は、一次成形時の金型内の様子を模式的に示す断面図である。

[図7]図7は、二次成形時の金型内の様子を模式的に示す断面図である。

[図8]図8は、実施形態に係る製造方法に用い得る可搬金型の一例を示す断面図である。

[図9]図9は、実施形態に係る製造方法に用い得るプレス機の一例を示す断面図である。

[図10]図10は、プレス機の下板部を示す平面図である。

[図11]図11は、プレス機の上板部を示す平面図（下から見たところ）である。

[図12]図12は、チャージされた可搬金型をプレス機で加圧する様子を示す断面図である。

[図13]図13は、実施形態に係る製造方法に用い得るプレス機の一例を示す断面図である。

[図14]図14は、実施形態に係る製造方法に用い得るプレス機の一例を示す断面図である。

[図15]図15は、実験例1に係るハニカムサンドイッチ構造体の織物層断面を二値化した断面図の一例である。

[図16]図16は、実験例2に係るハニカムサンドイッチ構造体の織物層断面を二値化した断面図の一例である。

[図17]図17は、繊維束断面（糸Bの断面）の長軸方向と基準線がなす角度を示す説明図である。

[図18]図18は、織物層を含むCFRP層の説明図である。

発明を実施するための形態

[0014] 1. ハニカムサンドイッチ構造体

実施形態に係る製造方法は、ハニカムサンドイッチ構造体を製造する方法に関し、例えば、ハニカムサンドイッチ構造を有する無人航空機用翼の製造に好ましく用いることができる。

図1は、実施形態に係る製造方法を用いて製造し得る無人航空機用翼の断

面図である。

翼1はハニカムサンドイッチ構造体であり、それぞれが第一CFRP層11と第二CFRP層12からなる2つのCFRP層10でハニカムコア13をサンドイッチした構造を有している。

[0015] ハニカムコア13は、切削または特開2021-112849号公報に開示されたプレスによって、所定の形状に加工されている。

ハニカムコア13を構成する金属箔の材質は、アルミニウム合金（典型的にはAl-Mg系アルミニウム合金であるA5052やAl-Mn系アルミニウム合金であるA3003）であるが、他の金属、例えばステンレス鋼であってもよい。

[0016] ハニカムコアのセルサイズと厚さは図2のように定義される。

ハニカムコア13のセルサイズdは、好ましくは2~20mmである。

ハニカムコア13を構成する金属箔の箔厚は、好ましくは20~120 μ mである。

ハニカムコア13の最大厚Cは、例えば1~50mmであり、好ましくは2~10mmであり、より好ましくは2~7mmである。

[0017] 第一CFRP層11および第二CFRP層12の材質はCFRPである。CFRPは、炭素繊維を含有する繊維補強材が、硬化した熱硬化性樹脂組成物で含浸された複合材料である。

ハニカムコア13は第一CFRP層11に食い込んでいてもよく、その場合、食い込んだ箇所では炭素繊維の切断が生じていてもよい。

ハニカムコア13は第二CFRP層12には食い込んでおらず、ハニカムコア13による炭素繊維の切断も第二CFRP層12では生じていない。

第一CFRP層11は、第二CFRP層12と比べ、含有するボイドが多くてもよい。第二CFRP層12はボイドを含まないか、含むとしても、その数は僅かである。

[0018] 実施形態に係る製造方法を用いて製造し得るハニカムサンドイッチ構造体は、無人航空機用翼に限定されない。実施形態に係る製造方法は、宇宙機器

、家庭電化製品、自動車、船舶等の部品や建築材料として用いられるハニカムサンドイッチ構造体の製造にも好ましく用いることができる。

実施形態に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体において、ハニカムコアの材質、セルサイズ、箔厚、最大厚等の仕様は、その用途に応じて適宜決定される。

ハニカムコアとしては、アルミニウム合金やステンレス鋼のような金属からなる金属ハニカムコアだけでなく、ペーパーハニカムコアや、例えばフェノール樹脂で含浸させたアラミド繊維紙からなるアラミドハニカムコアといったFRP (Fiber Reinforced Plastics: 繊維強化樹脂) ハニカムコアを用いることもできる。

ハニカムコアは、平板状のまま第一プリプレグと金型にチャージし、プレスによって第一プリプレグとともに所望の形状に成形することが好ましい。ハニカムコアを事前に所望の形状または所望の形状に近い状態に加工後、第一プリプレグと金型にチャージしてもよい。

[0019] 後述する通り、本実施形態のハニカムサンドイッチ構造体は、一次成形で第一プリプレグを硬化した後、二次成形で第二プリプレグを硬化している。

一次成形時では第一プリプレグはハニカムコアで金型に押し付けられるため、第一プリプレグには金型に押し付けられる部分と押し付けられない部分がある。一方、二次成形時では第二プリプレグは硬化した第一成形品の全面で金型に押し付けられているため、繊維補強材の配向の乱れを少なくできる。

[0020] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である。

(距離の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFR

P層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImage Jを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

なお、通常はCFRP層中の織物において直交する織物糸のどちらが経糸でどちらが緯糸であるかは分からないが、経糸と緯糸のどちらを糸A、糸Bとしてもよく、どちらの場合でも前記距離の標準偏差は $30\mu\text{m}$ 以下である。

[0021] CFRP層に複数の織物層が含まれる場合、各織物層のそれぞれの分割層の織物糸について測定される前記距離の標準偏差はいずれも $30\mu\text{m}$ 以下である。

前記距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下であれば、織物糸がハニカムサンドイッチ構造体の外表面に沿って配置されており、ハニカムサンドイッチ構造体の強度が均一になりやすい。

これらの観点から、前記距離の標準偏差は、 $25\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

[0022] 織物層は、ハニカムコアを挟むCFRP層の少なくとも片方にあればよい。

また、織物層はCFRP層におけるハニカムコア側に最も近い位置のCFRP層にあることが好ましい。ハニカムコア側に最も近い位置のCFRP層に配置された織物層はハニカムコアの厚さ方向で金型に押し付けられるので、繊維の乱れが少なくなりやすい。

織物層はハニカムコアに最も近い位置とは別に、CFRP層における最外層にあることも好ましい。最外層に配置することで外観を良くしやすい。

織物層を含むCFRP層においては、織物の繊維補強材に、一方向（UD）の繊維補強材、不織布の繊維補強材を組み合わせることもできる。所望す

る物性によって使い分ければよい。

[0023] 図18は、織物層を含むCFRP層の一例として、4層の織物層を含むCFRP層を示した説明図である。

織物層の分割層とは、各織物層において、糸Aの表層側の糸BをA層とし、糸Aのハニカムコア側の糸BをB層として分けた場合のそれぞれの層を意味する。図18の各織物層は表層側から1層、2層、3層、4層とし、「1A」は1層におけるA層、「1B」は1層におけるB層を意味し、2A、2B、3A、3B、4A、4Bも同様である。

[0024] (距離の標準偏差の測定方法の詳細な説明)

ハニカムサンドイッチ構造体から、織物の糸Bに対して直交する、織物層を含んだ構造体断面が観察できる小片を切り出し、エポキシ樹脂に包埋した後、前記断面を回転研磨機（（株）ストルアス製、デグラミン-25、番手#4000）で研磨した試料を作製する。

研磨した断面を、レーザー顕微鏡（キーエンス（株）製、VHX-8000）を用いて拡大倍率80倍で撮像する。

撮像した断面観察像について、画像処理ソフトウェアImageJを用いて、断面観察像のスケールバーより1ピクセルあたりの距離を取得することで、座標をピクセル番号から長さスケールへ変換した後、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面を線あるいはスプライン曲線で近似して外表面曲線を得る。次いで、画像面に直交する方向に配向した繊維束（糸B）の輪郭をスプライン曲線で近似し、二値化処理によって繊維束（糸B）断面を抽出する。

抽出したすべての糸Bの断面から、各分割層の隣り合う5本の糸Bについて、重心座標（重心位置）から外表面までの最短距離の標準偏差を得る。

画像処理ソフトウェアImageJを用いて、座標をピクセル番号から長さスケールへ変換する方法、およびハニカムサンドイッチ構造体の外表面曲線を得る方法は、後述の測定方法においても採用される。

[0025] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記ハニ

カムコアを挟む前記CFRP層の少なくとも一方には、ハニカムコア側に最も近い位置のCFRP層に、織物の繊維補強材を有する織物層が配置されており、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である。

(距離の標準偏差の測定方法)

ハニカムコア側に最も近い前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。ハニカムコア側に最も近い前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

なお、経糸と緯糸のどちらを糸A、糸Bとしてもよく、どちらの場合でも前記距離の標準偏差は $30\mu\text{m}$ 以下である。

[0026] ハニカムコア側に最も近い織物層の織物糸について求められる前記距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下であれば、ハニカムコア側に最も近い織物層に位置する織物がハニカムサンドイッチ構造体の外表面に沿って均一に配置されており、ハニカムサンドイッチ構造体の強度が均一になりやすい。

これらの観点から、ハニカムコア側に最も近い織物層における前記距離の標準偏差は、 $25\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

[0027] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層の織物糸について以下の測定方法により求められる角度の標準偏差が 1.5 度以下である。

CFRP層に複数の織物層が含まれる場合、各織物層の織物糸について測定される前記角度の標準偏差はいずれも 1.5 度以下である。

前記角度の標準偏差が1.5度以下であれば、織物の面がハニカムサンドイッチ構造体の外表面に沿って配置されており、ハニカムサンドイッチ構造体の強度が均一になりやすい。

これらの観点から、前記角度の標準偏差は1.2度以下が好ましく、1.0度以下がより好ましい。

[0028] (角度の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層において隣り合う10本の前記糸Bのそれぞれについて、図17に示すように、前記糸Bの断面（繊維束断面18）を楕円近似した長軸方向Bと、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面曲線上の前記糸Bとの最近接点における外表面の接線と平行で、かつ前記糸Bの重心を通る基準線Cとがなす角度Aを求め、その標準偏差を算出する。

なお、経糸と緯糸のどちらを糸A、糸Bとしてもよく、どちらの場合でも前記角度の標準偏差は1.5度以下である。

[0029] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、以下の測定方法により求められる、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面とCFRP層の最内面との距離の標準偏差 D_A (μm)を、前記距離の平均値 D_B (μm)で除した値Aが0.01以上0.10以下である。

(前記外表面と前記最内面との距離の標準偏差および平均値の測定方法)

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化する。前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、CFRP層の最内面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面

に対する法線方向に位置する前記最内面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_A と前記距離の平均値 D_B を算出する。

[0030] 後述の一次成形と二次成形からなる2段成形を採用することにより、1段目のプリプレグの厚さを少なくできるため、ハニカムコアでプリプレグが押されても、プリプレグの直進性が維持されやすく、値Aを小さくできる。CFRP層の厚さのばらつきが少ないため、ハニカムサンドイッチ構造体の剛性は高くなる。

前記値Aが0.01以上0.10以下となるのは、2段成形の特徴である。

[0031] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、織物の繊維補強材を有するCFRP層（織物層）と、一方向（UD）の繊維補強材を有するCFRP層（UD層）とを含むことが好ましい。

織物層を含むことで、ハニカムサンドイッチ構造体が割れることを防ぐことができ、UD層を含むことで、特定方向の剛性を強くすることができる。

[0032] 実施形態の一例に係る製造方法を用いて製造されるハニカムサンドイッチ構造体は、前記織物層よりもハニカムサンドイッチ構造体の外表面側に前記UD層が隣接して配置されており、以下の測定方法で求められる、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面から前記織物層と前記UD層との境界面までの距離の標準偏差 D_C (μm) を、前記距離の平均値 D_D (μm) で除した値Bが、0.01以上0.10以下である。

（前記外表面から前記境界面までの距離の標準偏差を前記距離の平均値の測定方法）

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化する。前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、前記織物層と前記UD層との境界面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標にお

ける前記外表面に対する法線方向に位置する前記境界面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_c と前記距離の平均値 D_D を算出する。

[0033] 2段成形することにより、各層の直進性が良くなるためハニカムサンドイッチ構造体の剛性は高くなる。

前記値Bが0.01以上0.10以下となるのは、2段成形の特徴である。

[0034] 2. ハニカムサンドイッチ構造体の製造方法

翼1を製造する場合を例にして、実施形態に係る製造方法を説明する。

(1) 一次成形

材料として、平板状のまま、または切削、プレス（特開2021-112849号公報に開示された方法）によって所定の形状に加工されたハニカムコアと、少なくとも2枚の第一プリプレグを準備する。

第一プリプレグは、炭素繊維からなる補強材と熱硬化性の樹脂マトリックスとからなるシートである。樹脂マトリックスは、好ましくはエポキシ樹脂組成物である。

第一プリプレグの例には、UDプリプレグ、織物プリプレグ、不織布プリプレグおよびシートモールディングコンパウンド（SMC）が含まれるが、これらに限定されない。

少なくとも2枚の第一プリプレグは、UDプリプレグと織物プリプレグの少なくともいずれかを含むことが好ましい。

[0035] 図3および図4に示すように、一次成形用の金型20を、ハニカムコア13と少なくとも2枚の第一プリプレグ14でチャージする。別の言い方をすれば、下型21と上型22とからなる一次成形用の金型20を閉じたときに形成される成形キャビティ内に、ハニカムコア13と少なくとも2枚の第一プリプレグ14を置く。

ハニカムコア13は厚さ方向が上下方向となるように成形キャビティ内に配置され、第一プリプレグ14はハニカムコア13の上下、すなわちハニカム面の両面のそれぞれに少なくとも1枚が配置される。

図3は、事前に所望の形状または所望の形状に近い状態に加工されたハニカムコア13を用いる実施形態であり、図4は、平板状のハニカムコア13を用いる実施形態である。

[0036] 一次成形用の金型20の成形キャビティを形成する部分には、離型剤を塗布することが好ましい。離型剤を塗布することで、一次成形用の金型20から、一次成形品を取り出し易くできる。

[0037] ハニカムコアの上下に配置される第一プリプレグの枚数はそれぞれ1枚以上5枚以下であることが好ましく、3枚以下がより好ましい。第一プリプレグは枚数が少ない方が、ハニカムコアに接するプリプレグが大きいうねらずに成形されるので、剛性が高くなりやすい。この観点からは第一プリプレグの枚数はそれぞれ3枚以下であると好ましい。

一方、大型の構造体を得る場合には、小型の構造体を得る場合と比較して厚みが必要となることから、第一プリプレグの枚数が多い方が剛性や強度を得やすい。このため、この観点からは第一プリプレグの枚数はそれぞれ5枚以上30枚以下であると好ましい。

[0038] ハニカムコア13の下に配置される第一プリプレグ14の端部は、ハニカムコア13の上に回り込んでもよい。ハニカムコア13の上に配置される第一プリプレグ14の端部は、ハニカムコア13の下に回り込んでもよい。

ハニカムコア13の厚さ方向とは、ハニカムコア13が備える複数の六角柱セルの高さ方向のことをいう。

[0039] ハニカムコア13の下に配置する第一プリプレグ14とハニカムコア13の上に配置する第一プリプレグ14の種類と数は、同じであってもよいし、異なってもよい。

ハニカムコア13の下に第一プリプレグ14として2枚以上のUDプリプレグを重ねて配置するときは、繊維方向が一致するように積層してもよいし、クロスプライ積層またはアングルプライ積層してもよい。ハニカムコア13の上に第一プリプレグ14として2枚以上のUDプリプレグを重ねて配置するときも同様である。

[0040] ハニカムコア13と第一プリプレグ14の間に、接着フィルムを配置することができる。

[0041] ハニカムコアの上下に配置される第一プリプレグの枚数が部分的に多い箇所を含むことができる。

部分的に第一プリプレグ14の枚数を多くすることで、ハニカムサンドイッチ構造体の重量増加は少なくしつつ、特定の方向に対する剛性を高めやすくなる。

部分的に配置されるプリプレグは、UDプリプレグが好ましく、UDプリプレグの繊維方向を構造体の長さが長い方向に向けるのが、曲げ剛性の観点から好ましい。

[0042] チャージした一次成形用の金型20を、プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第一プリプレグを硬化させて一次成形品を得る。

図4に示す一例のように、平板状のハニカムコアを用いる場合には、チャージした一次成形用の金型20を、プレス機を用いて加圧および加熱することにより、ハニカムコアを所望の形状にしつつ、第一プリプレグを硬化させて一次成形品を得る。この場合、ハニカムコアが平板の状態であるので、第一プリプレグを配置できるので、第一プリプレグは配置が容易であり、しわになりにくい。

また、ハニカムコアで第一プリプレグを均一に加圧することもできる。

[0043] 一次成形品は、ハニカムコアが2つの第一CFRP層で挟まれたハニカムサンドイッチ構造体である。第一CFRP層は、第一プリプレグの硬化物である。

第一プリプレグの硬化に要する時間を短縮するために、一次成形用金型のチャージ完了までに、プレス機は成形温度に加熱しておくことが好ましい。成形温度は、110℃以上120℃以下、120℃以上135℃以下、135℃以上145℃以下、145℃以上150℃以下、150℃以上180℃以下などであり得る。

[0044] (2) 二次成形

二次成形のために、少なくとも2枚の第二プリプレグが更に準備される。

第二プリプレグは、第一プリプレグと同じく、炭素繊維からなる補強材と熱硬化性の樹脂マトリックスとからなるシートである。樹脂マトリックスは、好ましくはエポキシ樹脂組成物である。

第二プリプレグの例には、UDプリプレグ、織物プリプレグ、不織布プリプレグおよびシートモールディングコンパウンド（SMC）が含まれるが、これらに限定されない。

少なくとも2枚の第二プリプレグは、UDプリプレグと織物プリプレグの少なくともいずれかを含むことが好ましい。

最外層になるプリプレグは、端部の繊維が乱れにくいことから織物プリプレグが好ましい。

[0045] 図5に示すように、二次成形用の金型30を、一次成形品2と少なくとも2枚の第二プリプレグ15でチャージする。別の言い方をすれば、下型31と上型32からなる二次成形用の金型30を閉じたときに形成される成形キャビティ内に、一次成形品2と少なくとも2枚の第二プリプレグ15を置く。

二次成形用の金型30は、一次成形用の金型20より、積層する第二プリプレグによって厚くなる分、大きくなっている点で一次成形用の金型20とは異なっている。

[0046] 一次成形時に、金型に離型剤が塗布されている場合、一次成形品には離型剤が付着しており、第二プリプレグとの接着性が悪くなるため、一次成形品に付着した離型剤を除去することが必要である。

前記離型剤の除去方法としては、サンドブラスト等による研磨や脱脂処理を行う。

[0047] 一次成形品2は、一次成形品2に含まれるハニカムコア13の厚さ方向が上下方向となるように成形キャビティ内に配置され、第二プリプレグ15は一次成形品2の上下それぞれに少なくとも1枚が配置される。一次成形品2の下に配置される第二プリプレグ15の端部は、一次成形品2の上に回り込

んでもよい。一次成形品2の上に配置される第二プリプレグ15の端部は、一次成形品2の下に回り込んでもよい。

このようにすることで、一次成形品2の上下は第二プリプレグ15の繊維補強材が繋がっているため、成形品の強度を高めることができ、上下の境目がない良好な外観を得ることができる。

[0048] 一次成形品2の下に配置する第二プリプレグ15と一次成形品2の上に配置する第二プリプレグ15の種類と数は、同じであってもよいし、異なってもよい。

一次成形品2の下に第二プリプレグ15として2枚以上のUDプリプレグを重ねて配置するときは、繊維方向が一致するように積層してもよいし、クロスプライ積層またはアングルプライ積層してもよい。一次成形品2の上に第二プリプレグ15として2枚以上のUDプリプレグを重ねて配置するときも同様である。

[0049] チャージした二次成形用の金型30を、プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第二プリプレグを硬化させて二次成形品、すなわち目的とする成形品を得る。

二次成形品は、2つの第一CFRP層11と、その各々に積層された第二CFRP層12によって、ハニカムコア13が挟まれたハニカムサンドイッチ構造体である。第二CFRP層は、第二プリプレグの硬化物である。

第二プリプレグの硬化に要する時間を短縮するために、二次成形用金型のチャージ完了までに、プレス機は成形温度に加熱しておくことが好ましい。成形温度は、110℃以上130℃以下、130℃以上135℃以下、135℃以上145℃以下、145℃以上150℃以下、150℃以上180℃以下などであり得る。

[0050] (3) 効果

一次成形では、図6(左)に示すように、第一プリプレグ14がハニカムコア13と金型20の間に配置される。

プレス機で金型20を加圧したとき、第一プリプレグ14はハニカムコア

13によって金型20の表面に押し付けられる。しかし、図5（右）に示すように、ハニカムコア13を構成する金属箔の縁のみが第一プリプレグ14に接するので、第一プリプレグ14は全体が均一に金型20の表面に押し付けられない。そのため、金型20の形状（下型21および上型22それぞれの表面21a、22aの形状）が、第一CFRP層11の表面形状に十分に反映されない。また、第一プリプレグ14が十分に加圧されないことから、第一CFRP層11の内部にはボイドが生じ易い。

更に、図6（右）に示すように、ハニカムコア13が第一CFRP層11に食い込んだり、それに伴って炭素繊維の切断が生じたりすることがあり得る。

[0051] 二次成形では、図7（左）に示すように、第二プリプレグ15が一次成形品2と金型30の間に配置される。

図7（右）に示すように、プレス機で金型30を加圧したとき、第二プリプレグ15は一次成形品2が有する第一CFRP層11によって金型30の表面に押し付けられる。第一CFRP層11の表面全体が第二プリプレグ15と接触するので、第二プリプレグ15は全体が一様に加圧される。

その結果、金型30の形状（下型31および上型32それぞれの表面31a、32aの形状）が第二CFRP層12の表面形状に十分に反映される。また、第二CFRP層12の内部にはボイドが生じ難い。更に、第二CFRP層12では、ハニカムコアの食い込みによる炭素繊維の切断も生じない。

[0052] 実施形態の一例に係る製造方法によれば、2回の工程でハニカムサンドイッチ構造体を得られ、効率良く生産できる。

また、硬化した第一CFRP層と金型の間で、第二プリプレグを均一に加圧できるため、第二CFRP層の厚さ斑や歪みを少なくでき、剛性を高くすることができる。

[0053] 3. 好ましい実施形態

(1) 可搬金型の使用

前記2. の製造方法では、少なくとも二次成形において、好ましくは一次

成形と二次成形の両方で、可搬金型を用いることが好ましい。可搬金型はプレス機の外でチャージすることが可能であり、例えば、温度17～28℃の室内にてチャージすることができる。

チャージするときの可搬金型の温度は、作業環境温度と同じであることが好ましい。

[0054] 例えば洗浄後の乾燥の目的で加熱された可搬金型を、温度が作業環境温度まで低下しないうちにチャージしてもよいが、その場合であっても、ハンドリング中にプリプレグにシワを発生させないために、可搬金型の温度が40℃以下となるまで待ってからチャージすることが好ましい。

特に、UDプリプレグや織物プリプレグは、シワを発生させないように可搬金型内に配置することが重要である。なぜなら、シワが発生すると繊維補強材の配向が乱れるために、硬化後の機械特性が低下し得るからである。

可搬金型の温度が40℃以下や更には28℃以下という低い温度であれば、チャージに長い時間がかかった場合でも、その間にプリプレグの温度が上がって表面タック性が強くなることがないので、プリプレグにしわが発生し難い。

[0055] 可搬金型を用いる場合、プレス機による加圧および加熱をする前に、チャージした可搬金型を予熱することが好ましい。そうすれば、可搬金型をプレス機で加熱する時間を短縮できるので、1台のプレス機で1日に行う成形の回数を増やすことができる。

予熱は、プリプレグの樹脂マトリックスの粘度が著しく低下しない範囲で行われる。具体的には、予熱後の可搬金型の温度は、40℃以上80℃以下であることが好ましく、60℃以上80℃以下であることがより好ましい。可搬金型の温度が80℃以下であれば、手袋をした手で触ることができるので、運搬等に支障が生じない。

[0056] (2) 可搬金型

可搬金型の材質は、プラスチック成形用の鋼材として従来から使用されている炭素鋼や合金鋼（クロム、モリブデン、タングステン、バナジウム等が

添加された鋼)であってもよい。しかし、可搬金型は内部に熱源を有さず、プレス機に設けられた熱源によって加熱されることから、より好ましい材質はアルミニウム合金やベリリウム銅である。これらの合金は20℃において100W/(m・K)以上という高い熱伝導率を有する。

[0057] アルミニウム合金は熱伝導性が高いうえに軽量であることから特に好ましい。20℃における比重は、鋼材で7.9前後、ベリリウム銅では8を超えるのに対し、アルミニウム合金では通常2.7~2.8である。

アルミニウム合金の例には、アルミニウム合金の中でも最も強度が高いとされる7000系アルミニウム合金(AI-Zn-Mg系合金)や、鋼材に匹敵する強度を持つ2000系アルミニウム合金(AI-Cu系合金)が含まれるが、これらに限定されるものではない。

[0058] アルミニウム合金の熱伝導率は調質により変動するが、20℃での熱伝導率はA2017(ジュラルミン)で130~190W/(m・K)、A7003で150W/(m・K)、A7075(超超ジュラルミン)で130W/(m・K)といわれている。

それに対し、プラスチック成形用の鋼材では、熱伝導性が比較的高いクロムモリブデン鋼でさえ20℃における熱伝導率が約60W/(m・K)であり、炭素鋼の熱伝導率はこれよりも低い。

[0059] 可搬金型の重量は、好ましくは2kg以上30kg以下であり得る。重量がこの範囲内であることは、可搬金型を運搬するうえで都合がよい。ただし、可搬金型の重量は、この範囲内に限定されるものではない。

[0060] 可搬金型は、図8に一例を示すように、最下プレート40と最上プレート50と中間プレート60から構成されてもよい。

中間プレートは3枚に限定されるものではなく、2枚以下であってもよいし4枚以上でもよい。

各プレートの平面形状は、例えば矩形である。必要に応じて、どのプレートにも側部に取手を取り付けることができる。

全てのプレートは平面視における外郭形状と外郭寸法が同じであり、互い

にぴったり重ね合わせることができる。

[0061] 最下プレート40、中間プレート60および最上プレート50を、互いにぴったりと重なるように積み重ねたとき、最下プレート40とその直上の中間プレート60との間、隣り合う中間プレート60の間、最上プレート50とその直下の中間プレート60との間に、それぞれ成形キャビティ70が形成される。

一例では、隣り合うプレート的一方と他方に、それぞれアライメント用凸部とアライメント用凹部を設け、2つのプレートがぴったり重なるように積み重ねたときにのみ、これらが箆合するようにしてもよい。

[0062] 最下プレートの下面および最上プレートの上面は、いずれも全体が平坦である。全てのプレートを積み重ねたとき、最下プレートの下面と最上プレートの上面は互いに平行となる。

一例では、隣り合うプレートの中に複数の成形キャビティが形成されるようにしてもよい。

一例では、可搬金型を構成するプレートの少なくとも一部が、インサート構造を有し、母型と入れ子型とから構成されていてもよい。

[0063] (3) 減圧

前記2.の製造方法では、少なくとも二次成形において、可搬金型を用いるとともに、プレス機による可搬金型の加熱および加圧を行うときに、可搬金型の周囲の空間を減圧することが好ましい。

可搬金型の加熱および加圧を行うときに、可搬金型の周囲の空間を減圧できるようにしたプレス機の一例を図9に示す。

[0064] プレス機100は、下板部110と、下板部110の上方において下板部110と対向配置された上板部120と、下板部110と上板部120とを互いに近づける方向に動かす加圧機構（図9では加圧機構のシリンダー132のみ図示）を備えている。

下板部110は、水平に配置された下基板111と、下基板111の上面側に取り付けられた下熱盤112とからなる。

上板部 120 は、水平に配置された上基板 121 と、上基板 121 の下面側に取り付けられた上熱盤 122 とからなる。図 9 において、上板部 120 等を固定するフレームの図示は省略している。

[0065] 加圧機構は、圧力をコントロールしやすいことから、液圧式であることが好ましい。加圧機構のシリンダー 132 は、下板部 110 ではなく、上板部 120 に作用するように配置されてもよい。下熱盤 112 と上熱盤 122 にはそれぞれヒーター 131 が内蔵されている。ヒーター 131 の例には蒸気ヒーター、オイルヒーター、電熱ヒーターおよび電磁誘導ヒーターが含まれるが、これらに限定されない。

[0066] 下熱盤 112 の上面には、環状の下側壁部材 113 が固定されている。図 10 に平面図を示すように、下側壁部材 113 は、それぞれ下熱盤 112 の上面に対し垂直な 4 つの垂直壁が、矩形の環を成すようにつながった構造をしており、下熱盤 112 の周面よりやや内側に配置されている。

下熱盤 112 と下側壁部材 113 は継目なしに一体化していてもよい。下側壁部材 113 には外周面を一周する溝が設けられ、その溝には真空シーリング・リング 114 が嵌め込まれている。

[0067] 上熱盤 122 の下面には、環状の上側壁部材 123 が固定されている。図 11 に平面図（下方から見たところ）を示すように、上側壁部材 123 は、それぞれ上熱盤 122 の下面に対し垂直な 4 つの垂直壁が、矩形の環を成すようにつながった構造をしており、上熱盤 122 の周面に沿って配置されている。

上熱盤 122 と上側壁部材 123 は継目なしに一体化していてもよい。上側壁部材 123 には、垂直壁のひとつを貫通する排気孔 124 が設けられている。排気孔 124 は真空ポンプ 133 に接続されている。

[0068] 図 12 に示すように、チャージした可搬金型を下熱盤上に載せ、加圧機構を作動させて下板部 110 を上板部 120 に近付けると、下側壁部材 113 と上側壁部材 123 が真空シーリング・リング 114 を介して箆合し、下熱盤 112、下側壁部材 113、上熱盤 122 および上側壁部材 123 で囲ま

れた閉空間Sが形成される。この閉空間Sは、真空ポンプ133を作動させることにより減圧することができる。

[0069] 閉空間Sの減圧は、真空ポンプ133を作動させて、減圧後の圧力が好ましくは0.1Pa以下、より好ましくは0.01Pa以下となるように行う。

前述の二次成形に適用した場合であれば、閉空間Sを減圧することによって、第一CFRP層と第二プリプレグの間に生じた気泡が成形後にボイドとなるのを防止できることに加え、第二プリプレグの樹脂マトリックスが脱気されるので、第二CFRP層内部のボイド形成も防止できる。複数の第二プリプレグを積層する場合には、隣り合う第二プリプレグの間に生じた気泡が成形後にボイドとなることも防止でき、良好な外観が得られやすい。

[0070] プレス機の変形例においては、図13に示すように、下側壁部材113を省略し、下熱盤112と上側壁部材123が真空シーリング・リング114を介して箝合するように構成してもよい。

[0071] プレス機の他の変形例においては、図14に示すように、真空シーリング・リングを介して互いに箝合する下側壁部材113と上側壁部材123を、下基板111の上面と上基板121の下面にそれぞれ固定してもよい。

下熱盤と上熱盤の間に減圧可能な閉空間が形成されるプレス機の構成は、上記例示したものに限定されない。

[0072] 図12～14では、可搬金型として、中間プレートを有さず、下型（最下プレート40）と上型（最上プレート50）のみからなるものが図示されているが、中間プレートを有する可搬金型に置き換えることができる。

[0073] 4. 実施形態のまとめ

[実施形態1] (i) ハニカムコアと少なくとも2枚の第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージすることと、

(ii) 前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが2つの第一CFRP層で挟まれたハニカムサンドイッチ構造の一次成形品を得ることと、

(iii) 前記一次成形品と少なくとも2枚の第二プリプレグで二次成形用の金型をチャージすることと、

(iv) 前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが前記2つの第一CFRP層で挟まれ、かつ、前記2つの第一CFRP層のそれぞれの上に第二CFRP層が積層した、ハニカムサンドイッチ構造の二次成形品を得ることと、を含むハニカムサンドイッチ構造体の製造方法。

[実施形態2] 前記少なくとも2枚の第一プリプレグは、ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに少なくとも1枚配置されている、実施形態1に係るハニカムサンドイッチ構造体の製造方法。

[実施形態3] 前記ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに配置されている第一プリプレグは1枚以上5枚以下である、実施形態2に係る製造方法。

[実施形態4] 前記ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに配置されている第一プリプレグは5枚以上30枚以下である、実施形態2に係る製造方法。

[実施形態5] 前記第一プリプレグの枚数が部分的に多い箇所を含む、実施形態1～4のいずれかに係る製造方法。

[実施形態6] 前記ハニカムコアは、プレス機で加圧することにより所望の形状を得る、実施形態1～5のいずれかに係る製造方法。

[実施形態7] 前記二次成形用の金型が可搬金型である、実施形態1～6のいずれかに係る製造方法。

[実施形態8] 前記可搬金型の材質がアルミニウム合金である、実施形態7に係る製造方法。

[実施形態9] 前記二次成形用の金型をチャージするときの、前記二次成形用の金型の温度が40℃以下である、実施形態7または8に係る製造方法。

[実施形態10] 前記二次成形用の金型のチャージが温度17～28℃の室内で行われる、実施形態9に係る製造方法。

〔実施形態 1 1〕前記一次成形用の金型が可搬金型である、実施形態 7～10のいずれかに係る製造方法。

〔実施形態 1 2〕前記可搬金型の材質がアルミニウム合金である、実施形態 1 1に係る製造方法。

〔実施形態 1 3〕前記一次成形用の金型をチャージするときの、前記一次成形用の金型の温度が 4 0℃以下である、実施形態 1 1または 1 2に係る製造方法。

〔実施形態 1 4〕前記一次成形用の金型のチャージが温度 1 7～2 8℃の室内で行われる、実施形態 1 3に係る製造方法。

〔実施形態 1 5〕前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱するとき、前記二次成形用の金型の周囲の空間を減圧する、実施形態 7～1 4のいずれかに係る製造方法。

〔実施形態 1 6〕前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱するとき、前記二次成形用の金型の周囲の空間を減圧する、実施形態 1 5に係る製造方法。

〔実施形態 1 7〕ハニカムコアが C F R P 層で挟まれた構造体であって、以下の測定方法で求められる値 A が、0. 0 1 以上 0. 1 0 以下であるハニカムサンドイッチ構造体。

(値 A の測定方法)

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフト Image J を用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の 2 0 m m の範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、C F R P 層の最内面座標とを 1 ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記最内面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_A と前記距離の平均値 D_B を算出し、下記式 (1) から値 A を求める。

$$A = D_A / D_B \quad \dots \text{式 (1)}$$

[実施形態18] 前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有するCFRP層である織物層と、一方向（UD）の繊維補強材を有するCFRP層であるUD層とを含む、実施形態17に係るハニカムサンドイッチ構造体。

[実施形態19] 前記織物層よりもハニカムサンドイッチ構造体の外表面側に前記UD層が隣接して配置されており、以下の測定方法で求められる値Bが、0.01以上0.10以下である、実施形態18に係るハニカムサンドイッチ構造体。

（値Bの測定方法）

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフトImageJを用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、前記織物層と前記UD層との境界面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記境界面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_c と前記距離の平均値 D_D を算出し、下記式（2）から値Bを求める。

$$B = D_c / D_D \quad \dots \text{式（2）}$$

[実施形態20] ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が30 μ m以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

（距離の標準偏差の測定方法）

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短

距離を求め、その標準偏差を算出する。

[実施形態 2 1] ハニカムコアが C F R P 層で挟まれた構造体であって、前記ハニカムコアを挟む前記 C F R P 層の少なくとも一方には、ハニカムコア側に最も近い C F R P 層に、織物の繊維補強材を有する織物層が配置されており、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物糸についての距離の標準偏差が $30\ \mu\text{m}$ 以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

(距離の標準偏差の測定方法)

ハニカムコア側に最も近い前記織物の直交する織物糸の一方を糸 A、他方を糸 B としたとき、C F R P 層における前記糸 B の直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフト I m a g e J を用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸 B の断面の重心位置を算出する。ハニカムコア側に最も近い前記織物層における前記糸 A よりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う 5 本の前記糸 B について、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

[実施形態 2 2] ハニカムコアが C F R P 層で挟まれた構造体であって、前記 C F R P 層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層の織物糸について以下の測定方法により求められる角度の標準偏差が 1.5 度以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

(角度の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸 A、他方を糸 B としたとき、C F R P 層における前記糸 B の直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフト I m a g e J を用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸 B の断面の重心位置を算出する。前記織物層において隣り合う 10 本の前記糸 B のそれぞれについて、前記糸 B の断面を楕円近似した長軸方向と、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面曲線上の前記糸 B との最近接点における外表面の接線と平行で、かつ前記糸 B の重心を通る基準線とがなす角度を求め、その標準偏差を

算出する。

[0074] 5. 実験結果

以下に、本発明者等が行った実験の結果を記す。

[0075] (実験例1)

アルミニウム合金のハニカムコアと織物プリプレグ8枚を準備した。

一次成形用の金型を、ハニカムコアと、ハニカムコアの上下にそれぞれ1枚ずつ配置した織物プリプレグである第一プリプレグでチャージした。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第一プリプレグを硬化させて一次成形品を得た。

次に、二次成形用の金型を、一次成形品と、一次成形品の上下にそれぞれ3枚ずつ配置した織物プリプレグである第二プリプレグでチャージ配置した。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第二プリプレグを硬化させてハニカムサンドイッチ構造体を得た。

[0076] (実験例2)

アルミニウム合金のハニカムコアと織物プリプレグ8枚を準備した。

二次成形用の金型を、ハニカムコアと、ハニカムコアの上下にそれぞれ4枚ずつ配置した織物プリプレグでチャージした。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、織物プリプレグを硬化させてハニカムサンドイッチ構造体を得た。

[0077] 実験例1、2で得たハニカムサンドイッチ構造体の各織物層の織物糸について、前述の方法により、糸Bの重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離の標準偏差と、糸Bの断面を楕円近似した長軸方向と基準線とがなす角度の標準偏差を求めた結果を表1および表2に示す。表1における1A~4Bはそれぞれ、4層の各織物層における表層側の分割層(層A)とハニカムコア側の分割層(層B)とを示す。表2における1~4は、4層の各織物層を示す。

また、実験例1、2において、糸Bの重心位置からハニカムサンドイッチ

構造体の外表面までの最短距離の標準偏差と、糸Bの断面を楕円近似した長軸方向と基準線とがなす角度の標準偏差を求めた際の織物層を二値化した断面図を図15および図16に示す。

[0078] [表1]

層	距離の標準偏差	
	μm	
	実験例1	実験例2
1A(表層側)	10.0	10.6
1B	16.1	4.8
2A	15.3	12.7
2B	8.6	20.3
3A	9.5	31.8
3B	15.6	25.7
4A	9.1	45.0
4B(ハニカムコア側)	9.6	50.5

[0079] [表2]

層	角度の標準偏差	
	度	
	実験例1	実験例2
1(表層側)	0.24	0.31
2	0.24	0.83
3	0.30	1.97
4(ハニカムコア側)	0.86	2.30

[0080] (実験例3)

アルミニウム合金のハニカムコア、織物プリプレグ4枚およびUDプリプレグ2枚を準備した。

一次成形用の金型を、ハニカムコアと、ハニカムコアの上下にそれぞれ1枚ずつ配置したUDプリプレグである第一プリプレグでチャージした。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第一プリプレグを硬化させて一次成形品を得た。

次に、二次成形用の金型を、一次成形品と、一次成形品の上下にそれぞれ2枚ずつ配置した織物プリプレグである第二プリプレグでチャージ配置した

。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第二プリプレグを硬化させてハニカムサンドイッチ構造体を得た。

[0081] (実験例4)

アルミニウム合金のハニカムコア、UDプリプレグを46枚および織物プリプレグを6枚準備した。

一次成形用の金型を、ハニカムコアと、ハニカムコアの上下それぞれに、UDプリプレグを21枚、織物プリプレグを2枚の順で配置した第一プリプレグでチャージした。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第一プリプレグを硬化させて一次成形品を得た。

次に、二次成形用の金型を、一次成形品と、一次成形品の上下それぞれに、UDプリプレグを2枚、織物プリプレグを1枚の順で配置した第二プリプレグでチャージした。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、第二プリプレグを硬化させてハニカムサンドイッチ構造体を得た。

[0082] (実験例5)

アルミニウム合金のハニカムコア、織物プリプレグ4枚およびUDプリプレグ2枚を準備した。

成形用の金型を、ハニカムコアと、ハニカムコアの上下にUDプリプレグをそれぞれ1枚ずつ配置し、さらに織物プリプレグを2枚ずつ配置した。

プレス機を用いて加圧および加熱することにより、プリプレグを硬化させてハニカムサンドイッチ構造体を得た。

[0083] 実験例3～5で得たハニカムサンドイッチ構造体について、前述の方法により、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面とCFRP層の最内面との距離の標準偏差 D_A を前記距離の平均値 D_B で除した値Aを求めた結果を表3に示す。また、実験例3～5で得たハニカムサンドイッチ構造体について、前述の方法により、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面と、織物層とUD層と

の境界面との距離の標準偏差 D_c を、前記距離の平均値 D_D で除した値 B も表3に示す。

[0084] [表3]

	実験例3	実験例4	実験例5
成形方法	2段成形	2段成形	1段成形
ハニカムサンドイッチ構造体の外表面と、CFRP層の最内面との距離の標準偏差 D_A (μm)	18.1	287.4	71.2
ハニカムサンドイッチ構造体の外表面と、CFRP層の最内面との距離の平均値 D_B (μm)	523.0	4351.1	531.0
値A ($=D_A/D_B$)	0.034	0.066	0.134
ハニカムサンドイッチ構造体の外表面と、織物層とUD層との境界面との距離の標準偏差 D_c (μm)	11.1	25.9	65.7
ハニカムサンドイッチ構造体の外表面と、織物層とUD層との境界面との距離の平均値 D_D (μm)	382.8	1113.5	409.2
値B ($=D_c/D_D$)	0.029	0.023	0.161

[0085] 以上、本発明を具体的な実施形態に即して説明したが、各実施形態は例として提示されたものであり、本発明の範囲を限定するものではない。本明細書に記載された各実施形態は、発明の効果が奏される範囲内で、様々に変形することができ、かつ、実施可能な範囲内で、他の実施形態により説明された特徴と組み合わせることができる。

符号の説明

- [0086] 1 翼 (ハニカムサンドイッチ構造体)
- 2 一次成形品
- 10 CFRP層
- 11 第一CFRP層
- 12 第二CFRP層
- 13 ハニカムコア

- 1 4 第一プリプレグ
- 1 5 第二プリプレグ
- 1 6 ハニカムコア側
- 1 7 ハニカムサンドイッチ構造体の外表面
- 1 8 繊維束断面（糸Bの断面）
- 2 0 一次成形用の金型
- 2 1 下型
- 2 2 上型
- 3 0 二次成形用の金型
- 3 1 下型
- 3 2 上型
- 4 0 下型（最下プレート）
- 5 0 上型（最上プレート）
- 6 0 中間プレート
- 7 0 成形キャビティ
- 1 0 0 プレス機
- 1 1 0 下板部
- 1 1 1 下基板
- 1 1 2 下熱盤
- 1 1 3 下側壁部材
- 1 1 4 真空シーリング・リング
- 1 2 0 上板部
- 1 2 1 上基板
- 1 2 2 上熱盤
- 1 2 3 上側壁部材
- 1 3 1 ヒーター
- 1 3 2 加圧機構のシリンダー
- 1 3 3 真空ポンプ

- A 角度
- B 繊維束の長軸方向
- C 基準線

請求の範囲

- [請求項1] (i) ハニカムコアと少なくとも2枚の第一プリプレグで一次成形用の金型をチャージすることと、
- (ii) 前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが2つの第一CFRP層で挟まれたハニカムサンドイッチ構造の一次成形品を得ることと、
- (iii) 前記一次成形品と少なくとも2枚の第二プリプレグで二次成形用の金型をチャージすることと、
- (iv) 前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱することにより、前記ハニカムコアが前記2つの第一CFRP層で挟まれ、かつ、前記2つの第一CFRP層のそれぞれの上に第二CFRP層が積層した、ハニカムサンドイッチ構造の二次成形品を得ることと、
- を含むハニカムサンドイッチ構造体の製造方法。
- [請求項2] 前記少なくとも2枚の第一プリプレグは、ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに少なくとも1枚配置されている、請求項1に記載の製造方法。
- [請求項3] 前記ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに配置されている第一プリプレグは1枚以上5枚以下である、請求項2に記載の製造方法。
- [請求項4] 前記ハニカムコアのハニカム面の両面のそれぞれに配置されている第一プリプレグは5枚以上30枚以下である、請求項2に記載の製造方法。
- [請求項5] 前記第一プリプレグの枚数が部分的に多い箇所を含む、請求項1～4のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項6] 前記ハニカムコアは、プレス機で加圧することにより所望の形状を得る、請求項1～5のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項7] 前記二次成形用の金型が可搬金型である、請求項1～6のいずれか

に記載の製造方法。

- [請求項8] 前記可搬金型の材質がアルミニウム合金である、請求項7に記載の製造方法。
- [請求項9] 前記二次成形用の金型をチャージするときの、前記二次成形用の金型の温度が40℃以下である、請求項7または8に記載の製造方法。
- [請求項10] 前記二次成形用の金型のチャージが温度17～28℃の室内で行われる、請求項9に記載の製造方法。
- [請求項11] 前記一次成形用の金型が可搬金型である、請求項7～10のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項12] 前記可搬金型の材質がアルミニウム合金である、請求項11に記載の製造方法。
- [請求項13] 前記一次成形用の金型をチャージするときの、前記一次成形用の金型の温度が40℃以下である、請求項11または12に記載の製造方法。
- [請求項14] 前記一次成形用の金型のチャージが温度17～28℃の室内で行われる、請求項13に記載の製造方法。
- [請求項15] 前記チャージした二次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱するときに、前記二次成形用の金型の周囲の空間を減圧する、請求項7～14のいずれかに記載の製造方法。
- [請求項16] 前記チャージした一次成形用の金型をプレス機で加圧および加熱するときに、前記二次成形用の金型の周囲の空間を減圧する、請求項15に記載の製造方法。
- [請求項17] ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、
以下の測定方法で求められる値Aが、0.01以上0.10以下であるハニカムサンドイッチ構造体。
(値Aの測定方法)
ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフトImage

Jを用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、CFRP層の最内面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記最内面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_A と前記距離の平均値 D_B を算出し、下記式(1)から値Aを求める。

$$A = D_A / D_B \quad \dots \text{式(1)}$$

[請求項18] 前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有するCFRP層である織物層と、一方向(UD)の繊維補強材を有するCFRP層であるUD層とを含む、請求項17に記載のハニカムサンドイッチ構造体。

[請求項19] 前記織物層よりもハニカムサンドイッチ構造体の外表面側に前記UD層が隣接して配置されており、以下の測定方法で求められる値Bが、0.01以上0.10以下である、請求項18に記載のハニカムサンドイッチ構造体。

(値Bの測定方法)

ハニカムサンドイッチ構造体の最も厚い部分を、ハニカムコアの厚さ方向と平行に切断した断面を撮像する。画像処理ソフトImageJを用い、前記断面の画像におけるハニカムコアの厚さ方向に垂直な方向の20mmの範囲において、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面座標と、前記織物層と前記UD層との境界面座標とを1ピクセル毎に取得する。前記外表面座標の各点について、前記外表面座標と、当該外表面座標における前記外表面に対する法線方向に位置する前記境界面座標との距離を測定し、前記距離の標準偏差 D_C と前記距離の平均値 D_D を算出し、下記式(2)から値Bを求める。

$$B = D_C / D_D \quad \dots \text{式(2)}$$

[請求項20] ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層につい

て以下の測定方法により求められる、各分割層の織物系についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

(距離の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物系の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

[請求項21]

ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記ハニカムコアを挟む前記CFRP層の少なくとも一方には、そのハニカムコア側に最も近いCFRP層に、織物の繊維補強材を有する織物層が配置されており、前記織物層について以下の測定方法により求められる、各分割層の織物系についての距離の標準偏差が $30\mu\text{m}$ 以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

(距離の標準偏差の測定方法)

ハニカムコア側に最も近い前記織物の直交する織物系の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。ハニカムコア側に最も近い前記織物層における前記糸Aよりも表層側の分割層とハニカムコア側の分割層のそれぞれにおいて、隣り合う5本の前記糸Bについて、それぞれ前記重心位置からハニカムサンドイッチ構造体の外表面までの最短距離を求め、その標準偏差を算出する。

[請求項22]

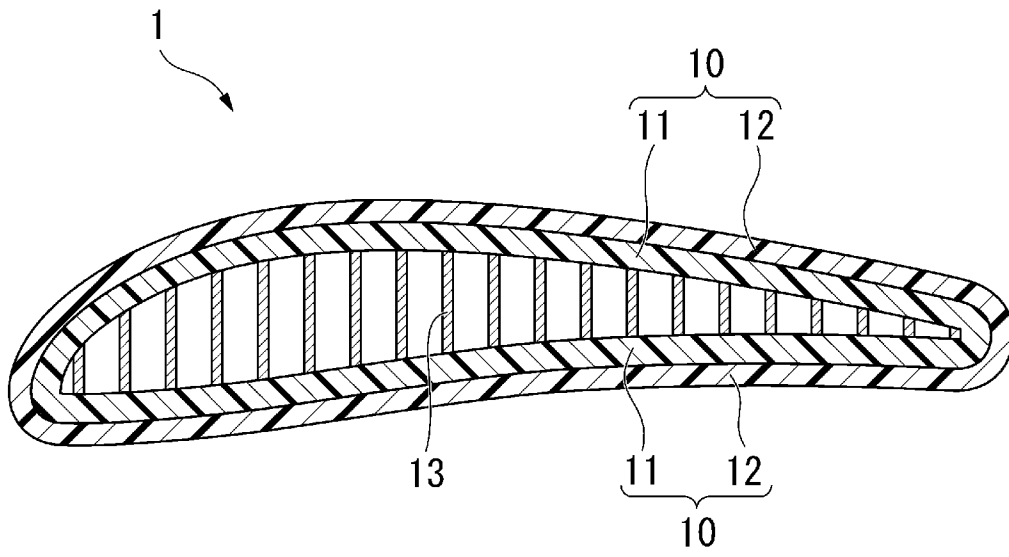
ハニカムコアがCFRP層で挟まれた構造体であって、前記CFRP層は、織物の繊維補強材を有する織物層を含み、前記織物層の織物

糸について以下の測定方法により求められる角度の標準偏差が1.5度以下である、ハニカムサンドイッチ構造体。

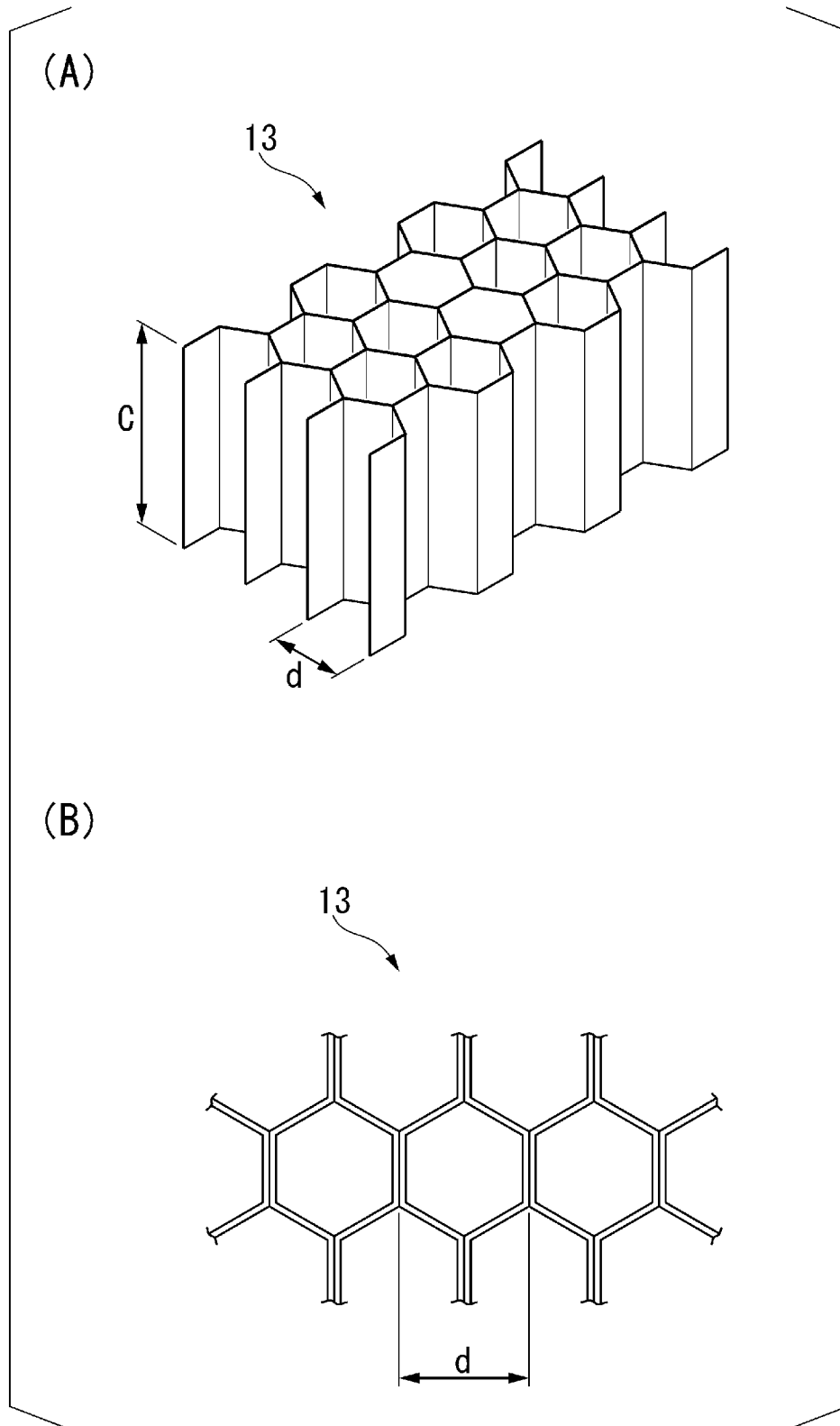
(角度の標準偏差の測定方法)

前記織物の直交する織物糸の一方を糸A、他方を糸Bとしたとき、CFRP層における前記糸Bの直交方向に切断した断面を撮像し、画像処理ソフトImageJを用いて前記断面を二値化し、各々の前記糸Bの断面の重心位置を算出する。前記織物層において隣り合う10本の前記糸Bのそれぞれについて、前記糸Bの断面を楕円近似した長軸方向と、ハニカムサンドイッチ構造体の外表面曲線上の前記糸Bとの最近接点における外表面の接線と平行で、かつ前記糸Bの重心を通る基準線とがなす角度を求め、その標準偏差を算出する。

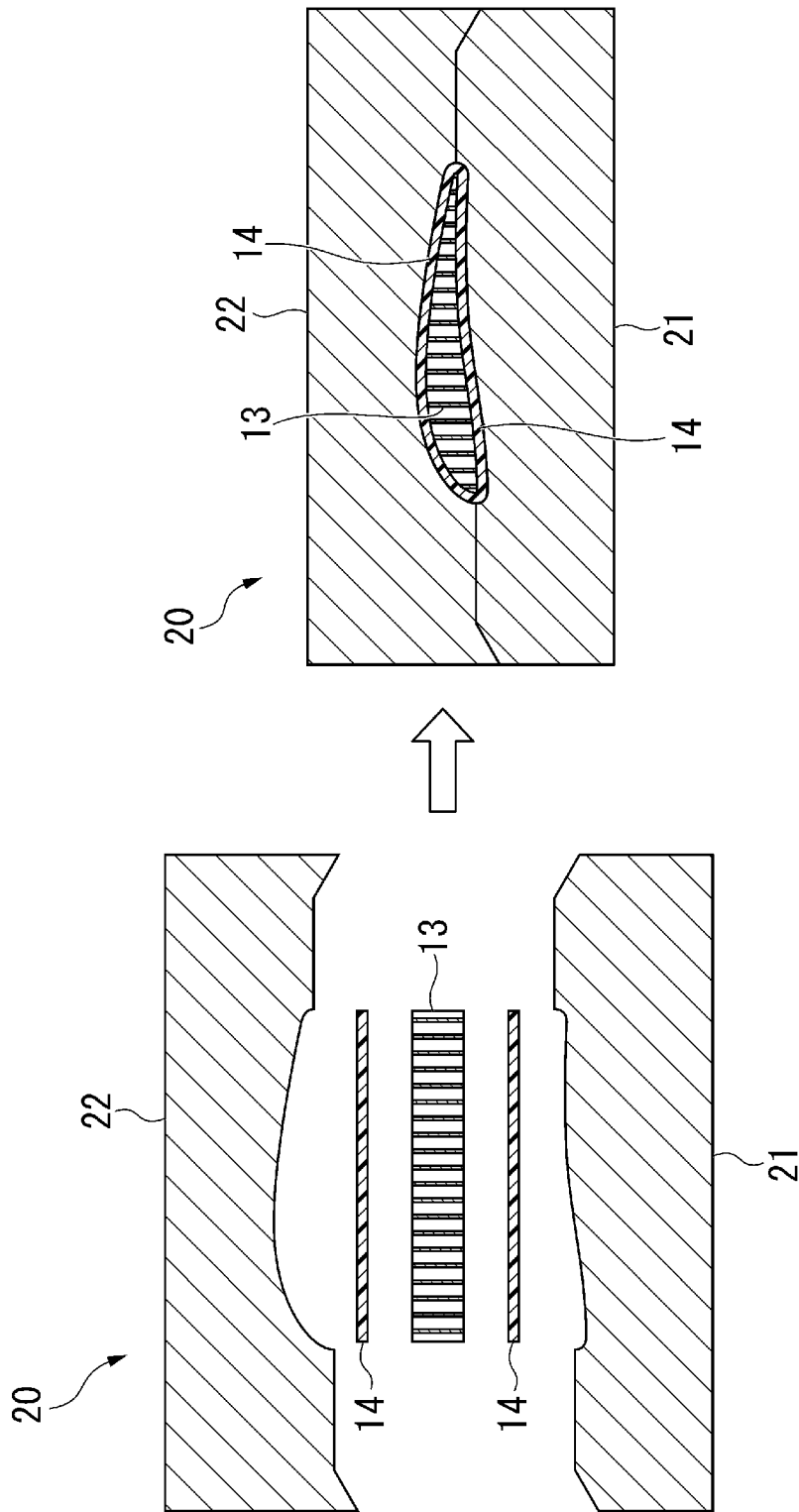
[図1]



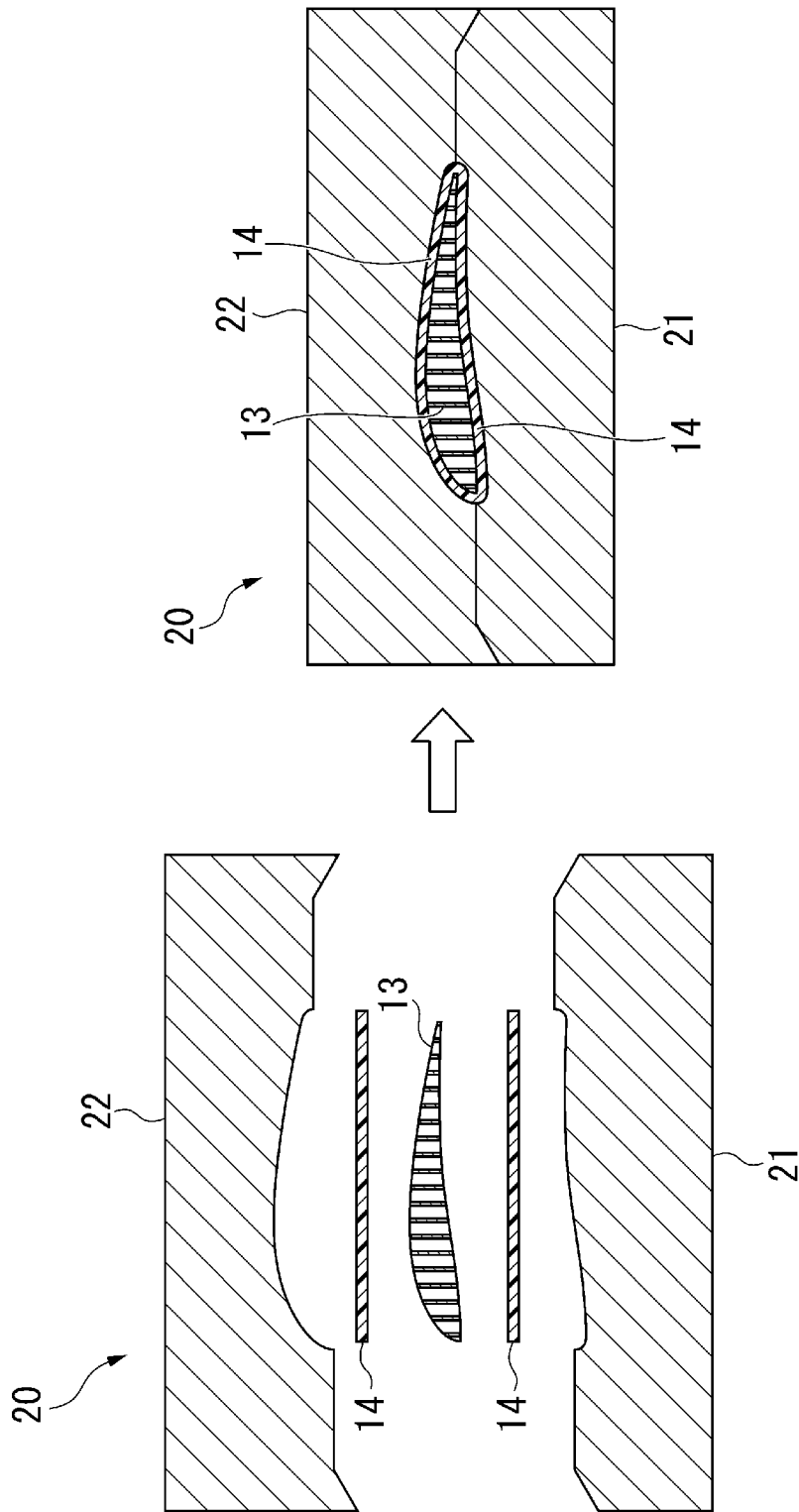
[図2]



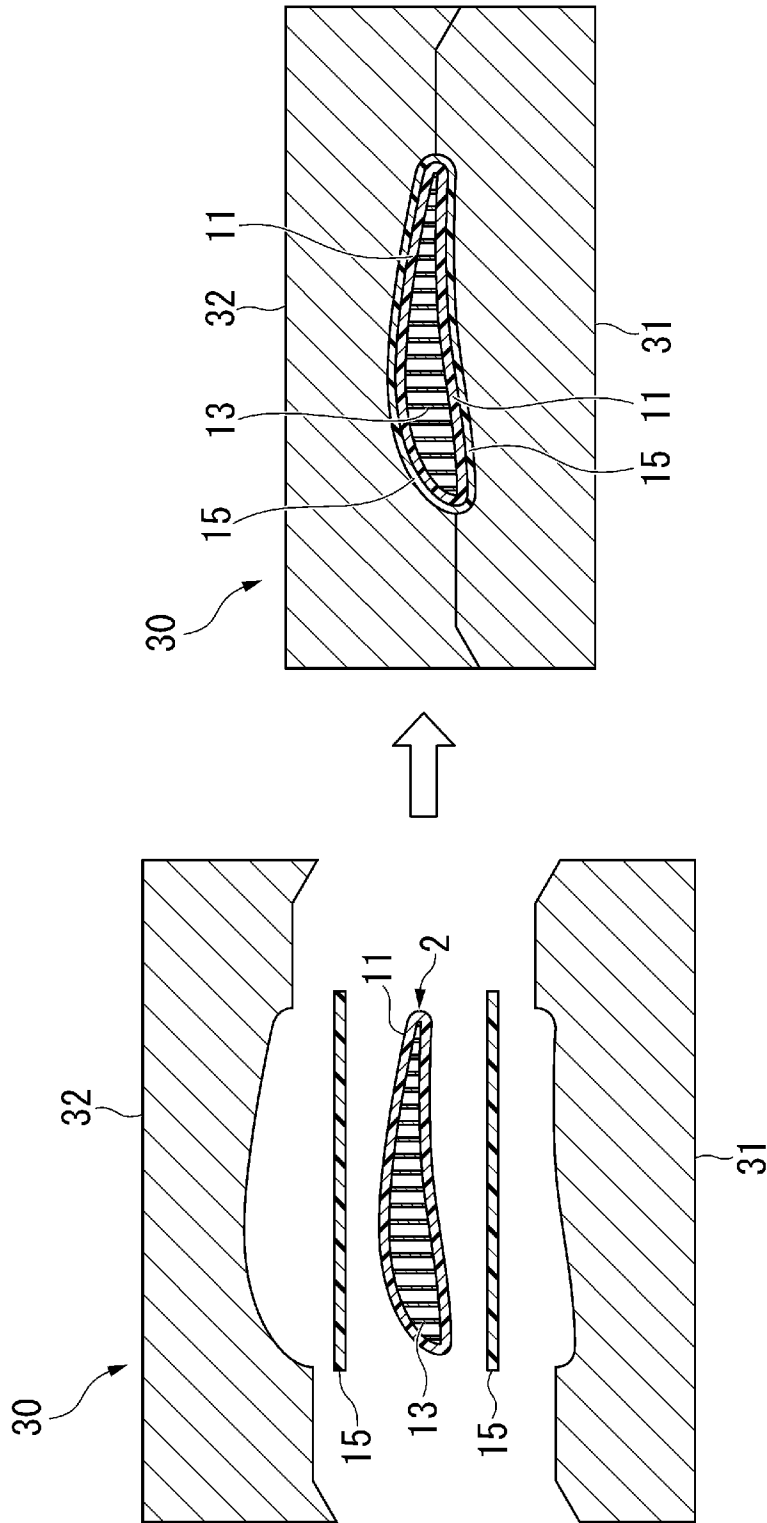
[図3]



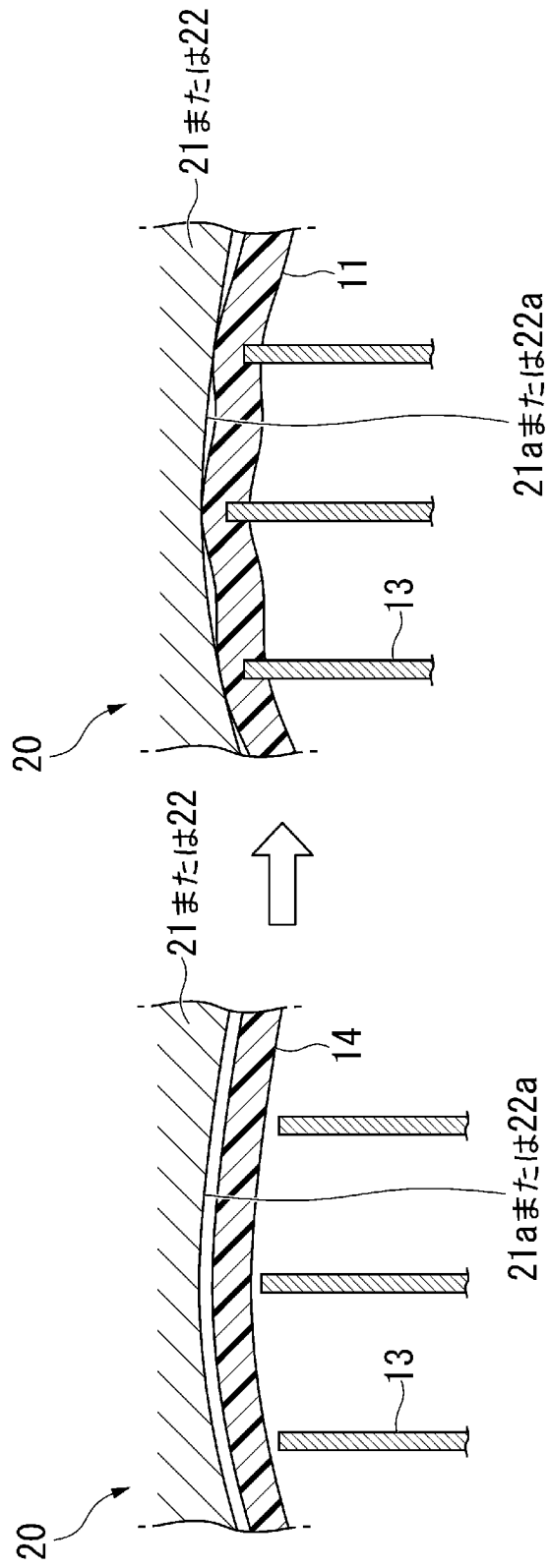
[図4]



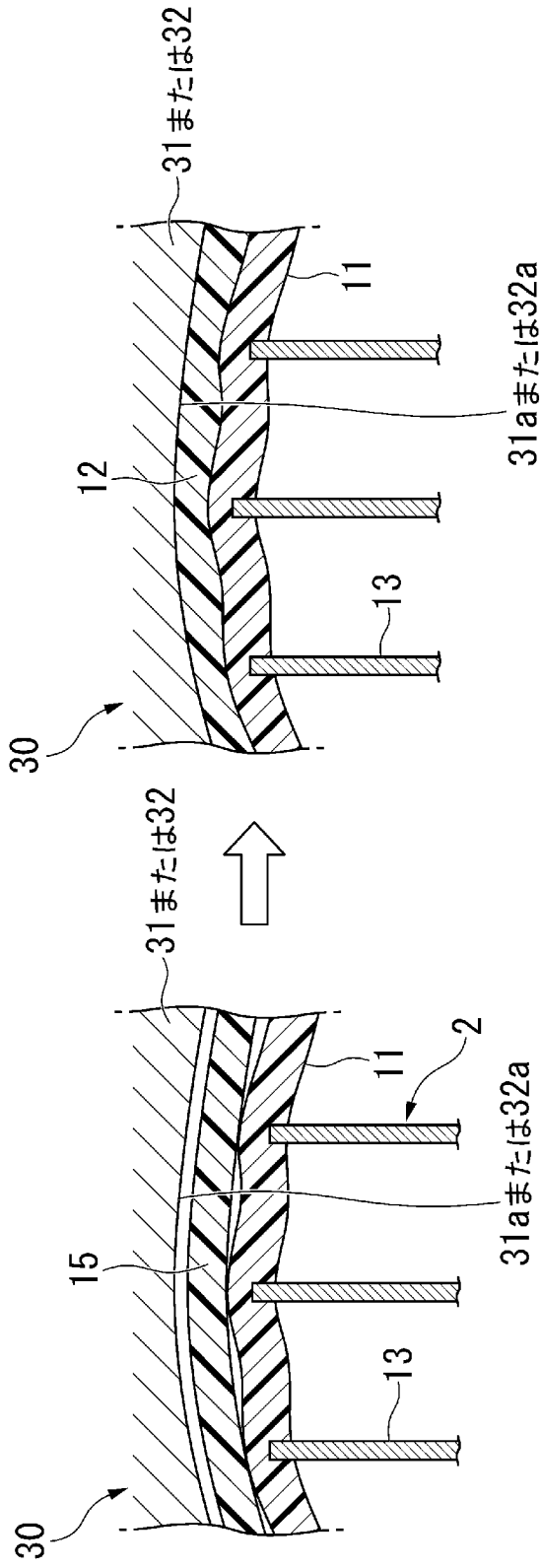
[図5]



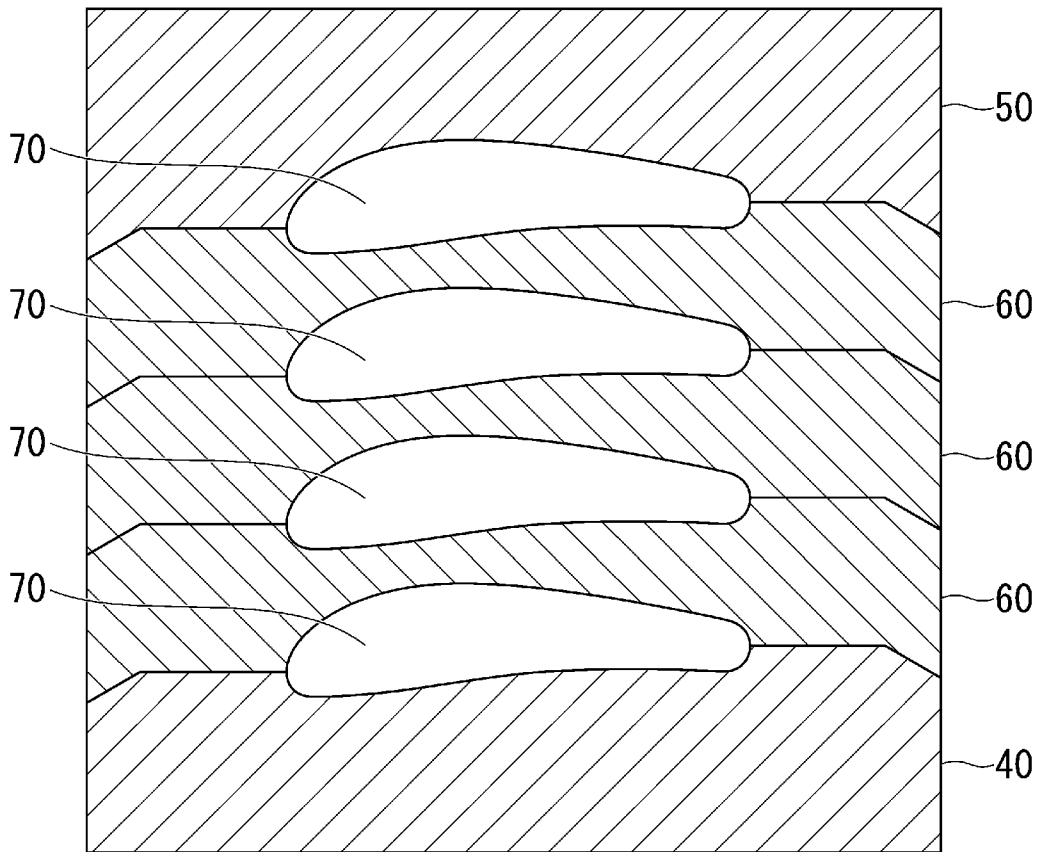
[図6]



[図7]

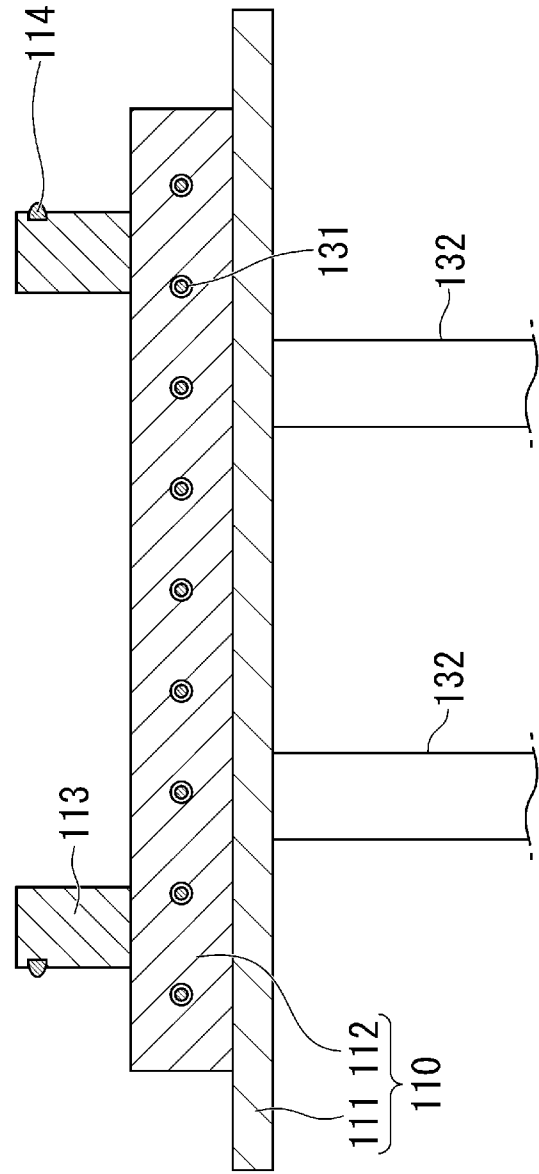
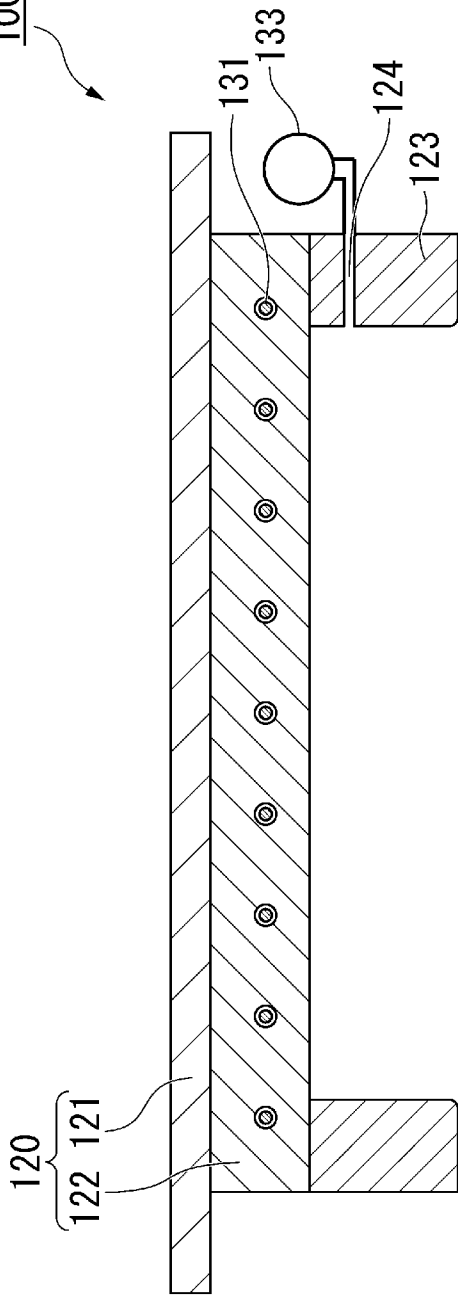


[図8]

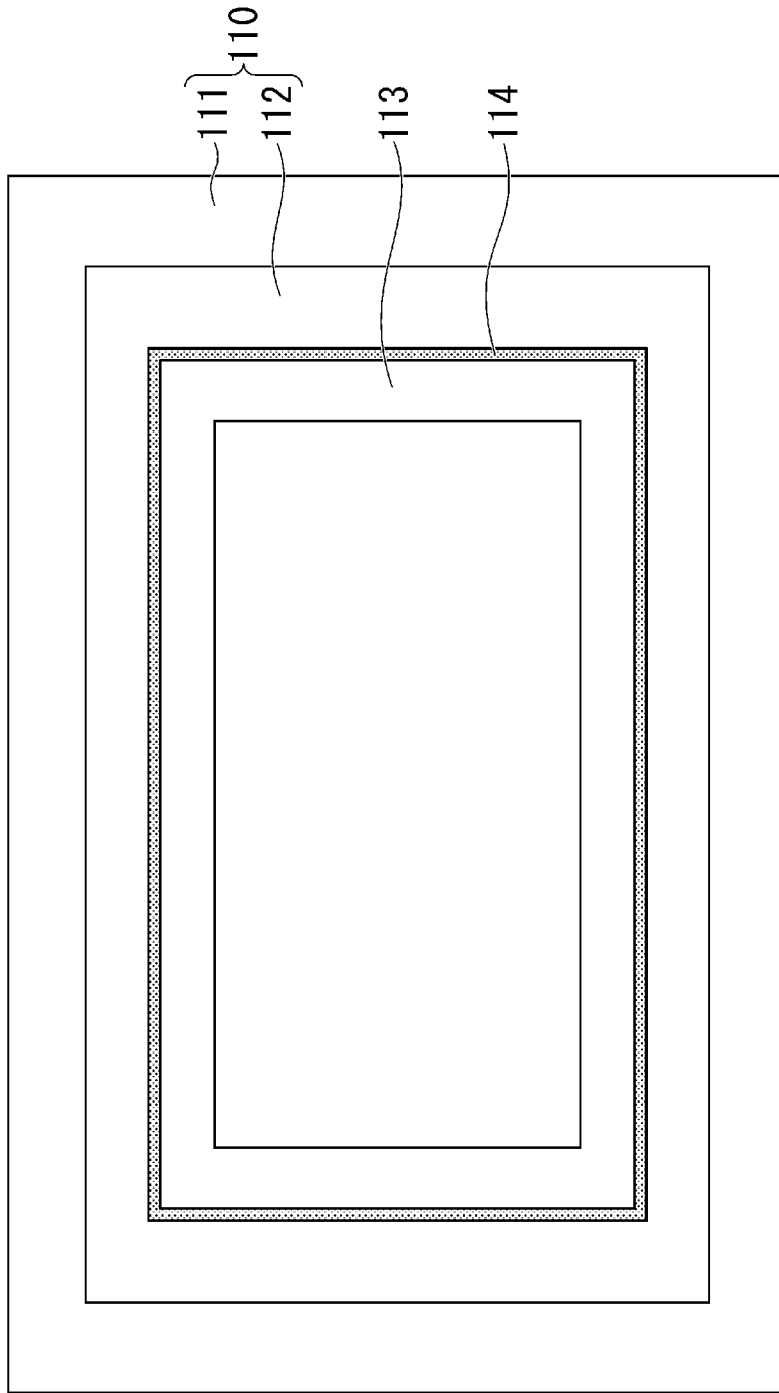


[図9]

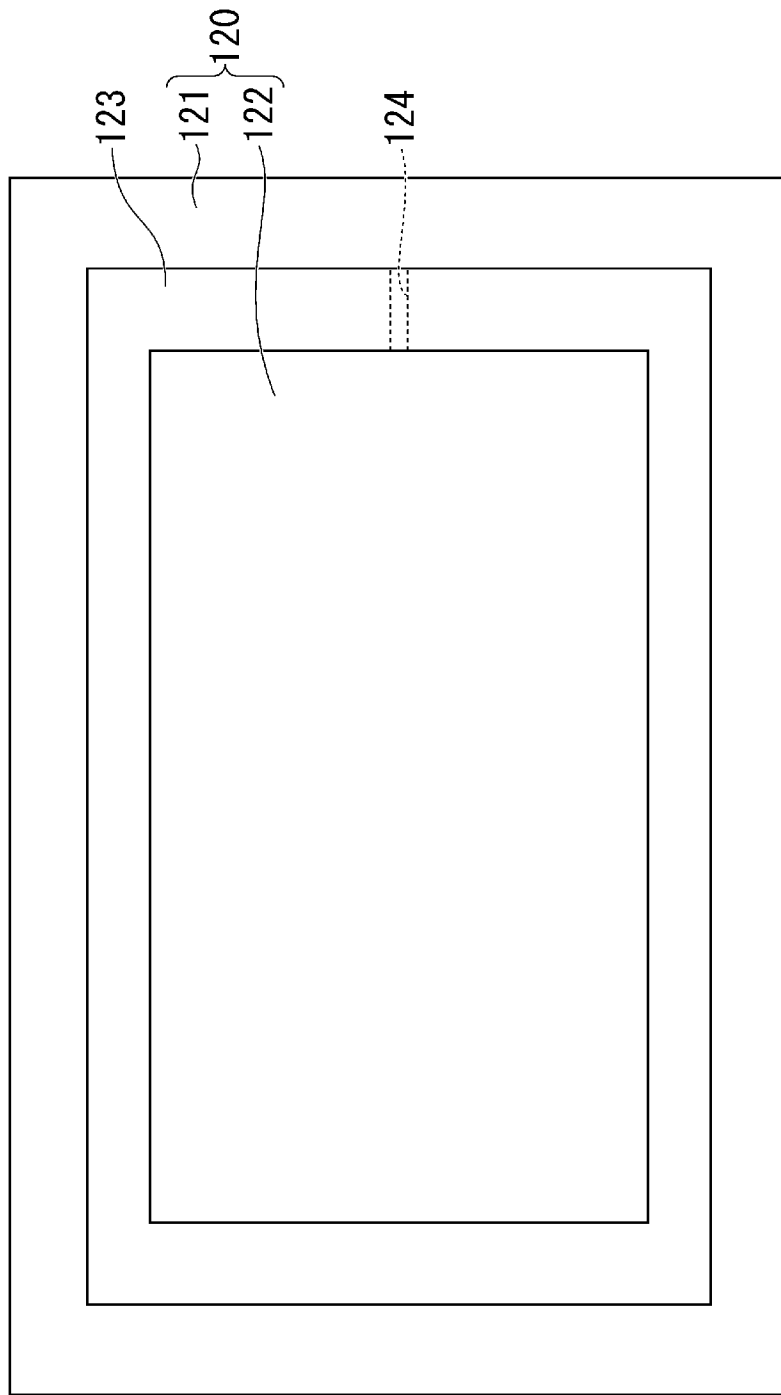
100



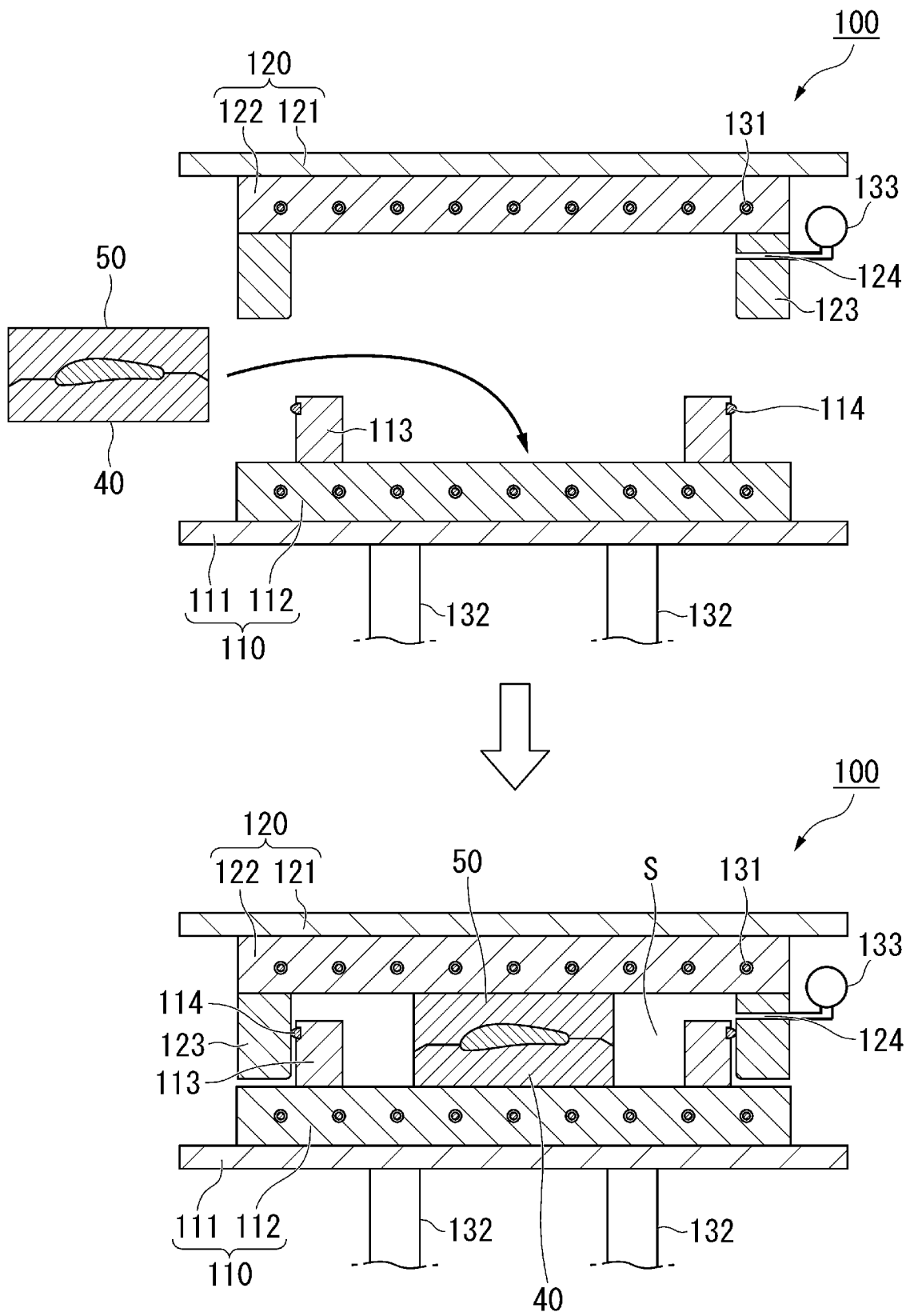
[図10]



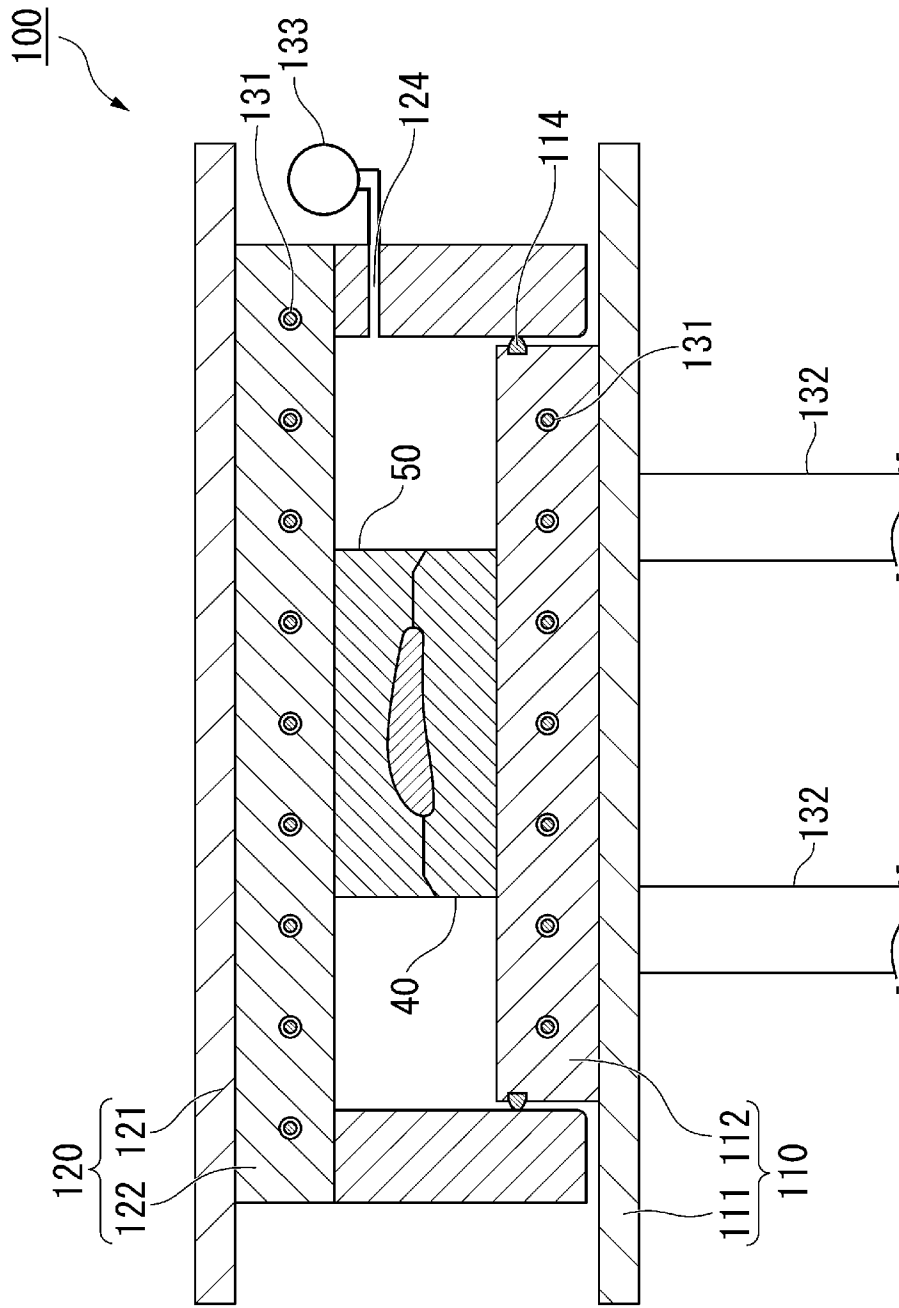
[図11]



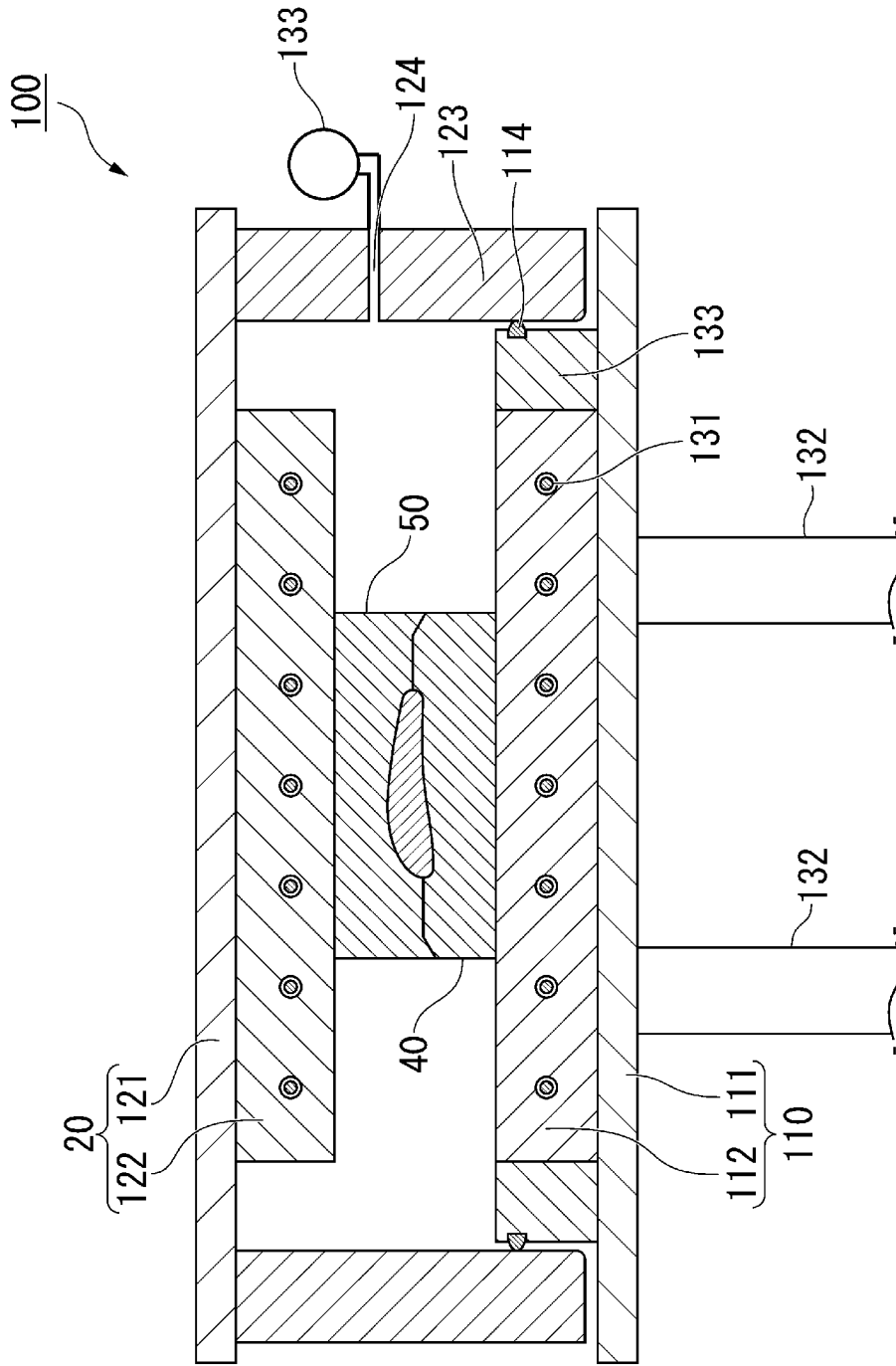
[図12]



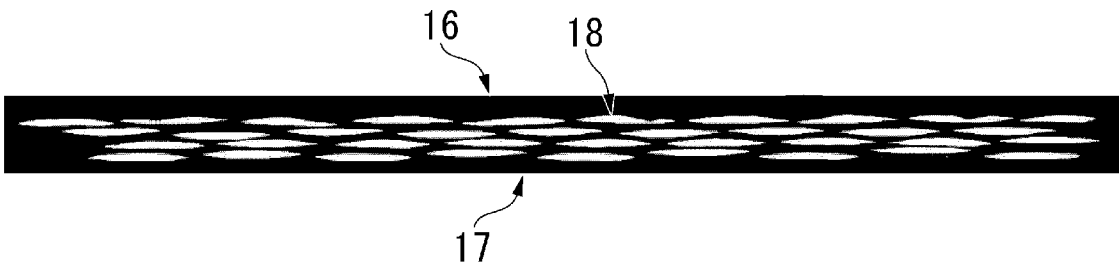
[図13]



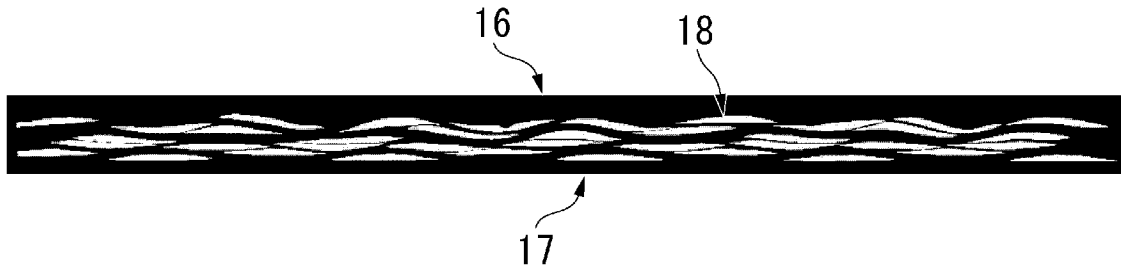
[図14]



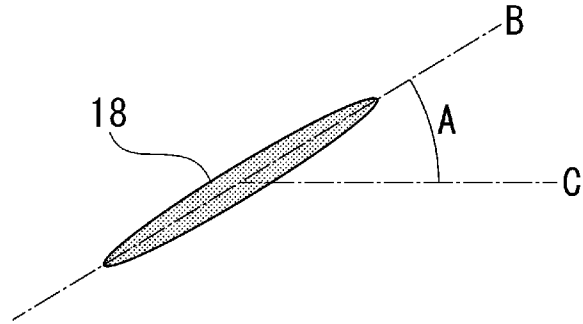
[図15]



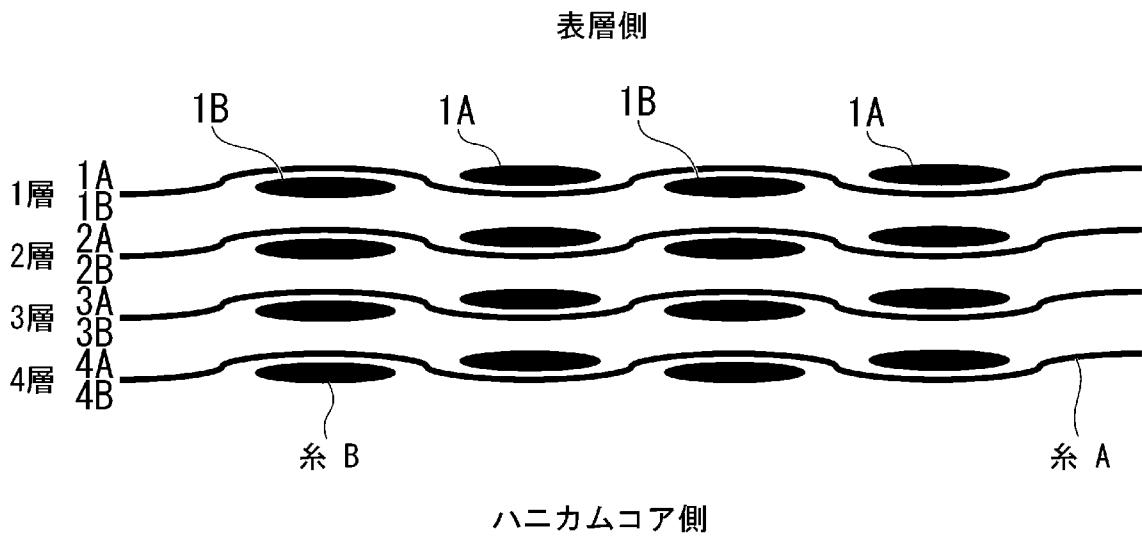
[図16]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/030582

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B29C 43/14</i> (2006.01)i; <i>B29C 43/20</i> (2006.01)i; <i>B29C 70/06</i> (2006.01)i; <i>B29C 70/34</i> (2006.01)i; <i>B29C 70/42</i> (2006.01)i; <i>B32B 3/12</i> (2006.01)i; <i>B32B 37/02</i> (2006.01)i; <i>B32B 37/18</i> (2006.01)i FI: B29C43/14; B29C43/20; B29C70/34; B29C70/06; B29C70/42; B32B3/12 Z; B32B37/02; B32B37/18		
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) B29C43/14; B29C43/20; B29C70/06; B29C70/34; B29C70/42; B32B3/12; B32B37/02; B32B37/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
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 2021-112849 A (CHALLENGE CO LTD) 05 August 2021 (2021-08-05) claims, paragraphs [0021]-[0048], [0065], fig. 2	17-22
A	claims, paragraphs [0049]-[0064]	1-16
A	US 2008/0233344 A1 (GROB, Burkhart) 25 September 2008 (2008-09-25) claims, paragraphs [0023], [0033]-[0034], [0043]-[0050]	1-22
A	US 2001/0046600 A1 (HEXCEL CORPORATION) 29 November 2001 (2001-11-29) paragraphs [0054], [0087], fig. 2A, 2C	1-22
A	JP 2008-230235 A (TORAY IND INC) 02 October 2008 (2008-10-02) paragraphs [0090], [0098]-[0104], [0157]-[0161]	1-22
A	JP 2010-524779 A (HANKUK FIBER GLASS CO., LTD.) 22 July 2010 (2010-07-22) paragraphs [0023]-[0028], fig. 3	17-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 16 October 2023		Date of mailing of the international search report 24 October 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/030582

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2021-112849	A	05 August 2021	(Family: none)	
US	2008/0233344	A1	25 September 2008	EP 1815969	A1
				DE 102006044842	A
				CA 2577216	A1
US	2001/0046600	A1	29 November 2001	US 6261675	B1
				US 2002/0009935	A1
				EP 1046666	A1
				EP 1205507	A2
				EP 1205508	A2
				EP 1205509	A2
JP	2008-230235	A	02 October 2008	(Family: none)	
JP	2010-524779	A	22 July 2010	US 2010/0140975	A1
				paragraphs [0028]-[0032], fig. 3	
				WO 2009/096676	A2
				EP 2143622	A2
				KR 10-2009-0084042	A
				CN 101678865	A
				MY 162851	A

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B29C 43/14(2006.01)i; B29C 43/20(2006.01)i; B29C 70/06(2006.01)i; B29C 70/34(2006.01)i; B29C 70/42(2006.01)i; B32B 3/12(2006.01)i; B32B 37/02(2006.01)i; B32B 37/18(2006.01)i FI: B29C43/14; B29C43/20; B29C70/34; B29C70/06; B29C70/42; B32B3/12 Z; B32B37/02; B32B37/18		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B29C43/14; B29C43/20; B29C70/06; B29C70/34; B29C70/42; B32B3/12; B32B37/02; B32B37/18 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 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で利用した電子データベース（データベースの名称、調査に利用した用語）		
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 2021-112849 A (株式会社チャレンヂ) 05.08.2021 (2021-08-05) 特許請求の範囲, [0021]-[0048], [0065], 図2	17-22
A	特許請求の範囲, [0049]-[0064]	1-16
A	US 2008/0233344 A1 (BURKHART Grob) 25.09.2008 (2008-09-25) claims, [0023], [0033]-[0034], [0043]-[0050]	1-22
A	US 2001/0046600 A1 (HEXCEL CORPORATION) 29.11.2001 (2001-11-29) [0054], [0087] Figs. 2A, 2C	1-22
A	JP 2008-230235 A (東レ株式会社) 02.10.2008 (2008-10-02) [0090], [0098]-[0104], [0157]-[0161]	1-22
A	JP 2010-524779 A (ハンクック ファイバー グラス シーオー リミテッド) 22.07.2010 (2010-07-22) [0023]-[0028], 図3	17-22
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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	16.10.2023	国際調査報告の発送日 24.10.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 今井 拓也 4R 9169 電話番号 03-3581-1101 内線 3471	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/030582

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2021-112849 A	05.08.2021	(ファミリーなし)	
US 2008/0233344 A1	25.09.2008	EP 1815969 A1 DE 102006044842 A CA 2577216 A1	
US 2001/0046600 A1	29.11.2001	US 6261675 B1 US 2002/0009935 A1 EP 1046666 A1 EP 1205507 A2 EP 1205508 A2 EP 1205509 A2	
JP 2008-230235 A	02.10.2008	(ファミリーなし)	
JP 2010-524779 A	22.07.2010	US 2010/0140975 A1 [0028]-[0032], Fig. 3 WO 2009/096676 A2 EP 2143622 A2 KR 10-2009-0084042 A CN 101678865 A MY 162851 A	