



関 3 丁 目 8 番 1 号 虎 の 門 三 井 ビ ル  
ディング 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

direction. The median value of thickness per layer of composite material in the surface layer regions (12, 14) is smaller than the median value of thickness per layer of composite material in the deep regions (16, 18). Alternately, the average value of thickness per layer of composite material in the surface layer regions (12, 14) is smaller than the average value of thickness per layer of composite material in the deep regions (16, 18).

(57) 要約 : 十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができ、かつ、製造のコストを低減できる複合材翼及び複合材翼の製造方法を提供する。複合材翼 (10) は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される。複合材翼 (10) は、厚肉部分 (10b) において、複合材翼 (10) の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向 (T) に、表面から所定の深さまでの表層領域 (12、14) と、表面から翼厚方向に所定の深さより深い深層領域 (16、18) と、を含む。表層領域 (12、14) における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、深層領域 (16、18) における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄い。あるいは、表層領域 (12、14) における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、深層領域 (16、18) における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄い。

## 明 細 書

**発明の名称**：複合材翼及び複合材翼の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、複合材翼及び複合材翼の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 動翼及び静翼には、強化繊維に樹脂を含浸させた複合材料層を積層して形成された複合材翼が用いられる。産業用のガスタービン圧縮機に用いられる複合材翼は、高いバイパス比を達成するために、高次元のねじりを有しており、翼厚方向の厚さの変化が大きい。また、この複合材翼は、空力性能を上げるために、背側の表面、腹側の表面、前縁側の面及び後縁側の面の輪郭度及び厚さの精度を確保する必要がある。このような複合材翼は、形状の変化が大きい部分のせん断剥離を回避するため、長短の複合材料層を組み合わせた積層構造が提案されている（特許文献1参照）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許第5375978号明細書

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1に記載された複合材翼は、薄い複合材料層を大量に重ね合わせることで、輪郭度及び厚さの精度を確保している。また、特許文献1に記載された複合材翼は、場所に応じて複合材料層の積層枚数を変化させることで、翼厚方向の厚さの変化に対応している。しかしながら、薄い複合材料層を高い精度で準備する工程、薄い複合材料層を高い精度で大量に重ね合わせる工程、及び、場所に応じて高い精度で複合材料層の積層枚数を変化させる工程は、いずれも困難な工程であるため、特許文献1に記載された方法では、十分に複合材翼の輪郭度及び厚さの精度を確保することができないという問題があった。また、これらの工程は、いずれも困難な工程であるため、特許

文献1に記載された方法では、複合材翼の製造の歩留まりが低くなり、その結果、複合材翼の製造のコストが高くなってしまふという問題があった。

[0005] 本発明は、上記に鑑みてなされたものであって、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができ、かつ、製造のコストを低減できる複合材翼及び複合材翼の製造方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0006] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、複合材翼は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であつて、前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの表層領域と、前記表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い深層領域と、を含む厚肉部分を有し、前記表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄いことを特徴とする。

[0007] また、上述した課題を解決し、目的を達成するために、複合材翼は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であつて、前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの表層領域と、前記表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い深層領域と、を含む厚肉部分を有し、前記表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄いことを特徴とする。

[0008] これらの構成によれば、表層領域では比較的薄い複合材料層を用い、深層領域では比較的厚い複合材料層を用いるので、比較的薄い複合材料層により十分に輪郭度の精度を確保することができ、比較的厚い複合材料層により製造のコストを低減することができ、全体として、十分に厚さの精度を確保することができる。

[0009] これらの構成において、前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向であ

る翼幅方向と、前記複合材翼の翼頂側と翼根側とを結ぶ方向である翼長方向と、を含む面方向において、前記表層領域における複合材料層は、前記深層領域における複合材料層より、面積が大きいことが好ましい。この構成によれば、比較的薄い複合材料層を用いる表層領域で、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向におけるより広い範囲の輪郭度の精度を確保することができる。

[0010] これらの構成において、前記厚肉部分よりも薄く、前記深層領域を含まない薄肉部分をさらに有することが好ましい。この構成によれば、比較的薄い複合材料層を用いる表層領域で、翼厚方向の厚さの薄い部分における厚さの精度を確保することができる。

[0011] これらの構成において、前記背側の翼部分と、前記腹側の翼部分と、を有し、前記背側の翼部分と前記腹側の翼部分とが中立面において接合されており、前記背側の翼部分は、前記翼厚方向に、前記背側の表面から前記所定の深さまでの背側表層領域と、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域と、を含み、前記腹側の翼部分は、前記翼厚方向に、前記腹側の表面から前記所定の深さまでの腹側表層領域と、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域と、を含むことが好ましい。この構成によれば、背側及び腹側のそれぞれについて、比較的薄い複合材料層により十分に輪郭度の精度を確保することができ、比較的厚い複合材料層により製造のコストを低減することができ、全体として、十分に厚さの精度を確保することができる。

[0012] 背側の翼部分と腹側の翼部分とを有する構成において、前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向における端部は、前記背側表層領域と前記腹側表層領域とにより構成されており、前記背側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、前記腹側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられていることが好ましい。この構成によれば、複合材料層の積層に伴って中立面の近傍に生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の翼幅方向における端部により分断して、小さくすることができる。

る。これにより、翼幅方向における端部における強度及び信頼性を向上させることができる。

[0013] また、上述した課題を解決し、目的を達成するために、複合材翼は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であって、前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、前記背側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの背側表層領域と、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域と、前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域と、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域と、を有し、前記背側表層領域及び前記背側深層領域と、前記腹側表層領域及び前記腹側深層領域とが中立面において接合されており、前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向における端部は、前記背側表層領域と前記腹側表層領域とにより構成されており、前記背側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、前記腹側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられていることを特徴とする。

[0014] この構成によれば、複合材料層の積層に伴って中立面の近傍に生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の端部により分断し、低減することができる。これにより、翼幅方向における端部における強度及び信頼性を向上させることができる。このため、形状が安定化するので、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができる。また、中立面に対して翼厚方向に対称に複合材料層を重ね合わせる必要がないので、製造のコストを低減することができる。

[0015] 上述した課題を解決し、目的を達成するために、複合材翼の製造方法は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して複合材翼を製造する方法であって、前記複合材翼の背側の表面を成形する背側成形面を有する背側成形型に、前記背側の表面から前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に、所定の深さまでの背側表層領域を構成する複合材料層を積層す

る背側表層領域積層ステップと、前記背側成型型に積層した背側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域を構成する複合材料層を積層する背側深層領域積層ステップと、前記複合材翼の腹側の表面を成形する腹側成形面を有する腹側成型型に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域を構成する複合材料層を積層する腹側表層領域積層ステップと、前記腹側成型型に積層した腹側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域を構成する複合材料層を積層する腹側深層領域積層ステップと、前記背側成型型に積層した背側表層領域及び背側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、前記腹側成型型に積層した腹側表層領域及び腹側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、を中立面において重ね合わせて接合する接合ステップと、を含み、前記背側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記背側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄く、前記腹側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記腹側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄いことを特徴とする。

[0016] また、上述した課題を解決し、目的を達成するために、複合材翼の製造方法は、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して複合材翼を製造する方法であって、前記複合材翼の背側の表面を成形する背側成形面を有する背側成型型に、前記背側の表面から前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に、所定の深さまでの背側表層領域を構成する複合材料層を積層する背側表層領域積層ステップと、前記背側成型型に積層した背側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域を構成する複合材料層を積層する背側深層領域積層ステップと、前記複合材翼の腹側の表面を成形する腹側成形面を有する腹側成型型に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域を構成する複合材料層を積層する腹側表層領域積層ステップと、

前記腹側成型型に積層した腹側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域を構成する複合材料層を積層する腹側深層領域積層ステップと、前記背側成型型に積層した背側表層領域及び背側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、前記腹側成型型に積層した腹側表層領域及び腹側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、を中立面において重ね合わせて接合する接合ステップと、を含み、前記背側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記背側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄く、前記腹側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記腹側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄いことを特徴とする。

[0017] これらの構成によれば、背側及び腹側のそれぞれについて、表層領域では比較的薄い複合材料層を用い、深層領域では比較的厚い複合材料層を用いるので、比較的薄い複合材料層により十分に輪郭度の精度を確保することができ、比較的厚い複合材料層により製造のコストを低減することができ、全体として、十分に厚さの精度を確保することができる。

### 発明の効果

[0018] 本発明によれば、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができ、かつ、製造のコストを低減できる複合材翼及び複合材翼の製造方法を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0019] [図1]図1は、第1の実施形態に係る複合材翼の概略平面図である。  
[図2]図2は、第1の実施形態に係る複合材翼の薄肉部分を含む断面における概略断面図である。  
[図3]図3は、第1の実施形態に係る複合材翼の厚肉部分を含む断面における概略断面図である。  
[図4]図4は、第1の実施形態に係る複合材翼の端部の拡大断面図である。  
[図5]図5は、第1の実施形態に係る複合材翼を構成する複合材料層の厚さの



範囲を説明する説明図である。

[図6]図6は、第1の実施形態に係る複合材翼の製造方法を示すフローチャートである。

[図7]図7は、第1の実施形態に係る複合材翼の製造方法におけるフローの途中の状態を説明する説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0020] 以下に、本発明に係る実施形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、この実施形態によりこの発明が限定されるものではない。また、実施形態における構成要素には、当業者が置換可能かつ容易なもの、あるいは実質的に同一のものが含まれる。さらに、以下に記載した構成要素は適宜組み合わせることが可能である。

[0021] [第1の実施形態]

図1は、第1の実施形態に係る複合材翼10の概略平面図である。複合材翼10は、複合材料を含む。詳細には、複合材翼10は、複合材翼10の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に、複合材料層を積層して形成されている。複合材翼10は、図1に示すように、内部に、内部領域19を有する。内部領域19は、複合材翼10の軽量化のために、例えば、複合材料とは異なる材料、具体的には、発泡材料が用いられる領域である。複合材翼10は、内部領域19がある構成に限定されず、内部領域19がない構成であってもよい。図1に示すL方向は、複合材翼10の翼頂側と翼根側とを結ぶ方向である翼長方向である。図1に示すW方向は、複合材翼10の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向である。

[0022] 複合材翼10に含まれる複合材料は、強化繊維と、強化繊維に含浸された樹脂と、を有する。この複合材料は、航空機、自動車及び船舶等に用いられる材料が例示される。強化繊維は、5 $\mu$ m以上7 $\mu$ m以下の基本繊維を数100本から数1000本程度束ねたものが例示される。強化繊維を構成する基本繊維は、ガラス繊維、カーボン繊維、及びアラミド繊維が好適なものとして例示される。強化繊維を構成する基本繊維は、これに限定されず、その

他のプラスチック繊維又は金属繊維でもよい。なお、強化繊維は、図1から図4及び図7では、図示が省略されているが、実際には、複合材翼10の内部で、細く、並んだ状態で配列されている。

[0023] 強化繊維に含浸される樹脂は、熱硬化性樹脂が好ましいが、熱可塑性樹脂でもよい。熱硬化性樹脂は、エポキシ樹脂、ポリエステル樹脂及びビニルエステル樹脂が例示される。熱可塑性樹脂は、ポリアミド樹脂、ポリプロピレン樹脂、ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene) 樹脂、ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)、ポリエーテルケトンケトン (PEKK)、及びポリフェニレンサルファイド (PPS) 等が例示される。ただし、強化繊維に含浸される樹脂は、これに限定されず、その他の樹脂でもよい。

[0024] 強化繊維に含浸される樹脂が熱硬化性樹脂の場合、熱硬化性樹脂は、軟化状態と、硬化状態と、半硬化状態となることができる。軟化状態は、熱硬化性樹脂を熱硬化させる前の状態である。軟化状態は、自己支持性を有さない状態であり、支持体に支持されていない場合に形状を保持できない状態である。軟化状態は、加熱されて、熱硬化性樹脂が熱硬化反応をすることができる状態である。硬化状態は、熱硬化性樹脂を熱硬化させた後の状態である。硬化状態は、自己支持性を有する状態であり、支持体に支持されていない場合でも形状を保持できる状態である。硬化状態は、加熱されても、熱硬化樹脂が熱硬化反応をすることができない状態である。半硬化状態は、軟化状態と硬化状態との間の状態である。半硬化状態は、硬化状態よりも弱い程度の熱硬化を熱硬化性樹脂にさせた状態である。半硬化状態は、自己支持性を有する状態であり、支持体に支持されていない場合でも形状を保持できる状態である。半硬化状態は、加熱されて、熱硬化性樹脂が熱硬化反応をすることができる状態である。複合材翼10を形成する複合材料層は、熱硬化性樹脂が半硬化状態であるプリプレグであることが好ましい。

[0025] 複合材翼10を形成する複合材料層は、強化繊維の配向角度、すなわち、強化繊維の配列される方向の翼長方向に対する角度が異なるものが積層される。ここで、強化繊維の配向角度は、翼長方向を0度として、時計回りに+

の方向となるように定義される。複合材翼10を形成する複合材料層は、具体的には、強化繊維の配向角度が0度、90度、+45度、-45度のものが、それぞれ適正な比率で積層されている。複合材翼10を形成する複合材料層は、強化繊維の配向角度に応じて各方向の弾性率が異なり、強化繊維の配向角度が0度のものが最も弾性率が高い。

[0026] 複合材翼10は、翼長方向を優先的に強化、すなわち0度方向の配向比率を高めることで、高い遠心力に対する耐性を向上させることができる。また、複合材翼10は、薄肉化することで、軽量化することができる。一方、複合材翼10は、長翼化かつ薄肉化する場合、曲げの固有振動数が低下してしまう。このため、複合材翼10は、風量を増加させ、且つ、軽量化するために、長翼化かつ薄肉化する場合、曲げ剛性の高い強化繊維の配向角度が0度の複合材料層の積層枚数を多くすることで、曲げの固有振動数の低下を抑制することができる。つまり、複合材翼10は、曲げ剛性の高い強化繊維の配向角度が0度の複合材料層の積層枚数を多くすることで、長翼化かつ薄肉化と、曲げの固有振動数の低下の抑制とを両立させることができる。

[0027] 図2は、第1の実施形態に係る複合材翼10の薄肉部分10aを含む断面における概略断面図である。図2は、図1におけるA-A断面図である。図3は、第1の実施形態に係る複合材翼10の厚肉部分10bを含む断面における概略断面図である。図3は、図1におけるB-B断面図である。図2及び図3に示すT方向は、複合材翼10の翼厚方向である。薄肉部分10aは、図2及び図3に示すように、厚肉部分10bよりも、翼厚方向に薄い。

[0028] 複合材翼10は、図2に示すように、薄肉部分10aを含む。薄肉部分10aは、背側表層領域12と、腹側表層領域14と、を有する。背側表層領域12は、翼厚方向に背側の表面から所定の深さまでの領域である。腹側表層領域14は、翼厚方向に腹側の表面から所定の深さまでの領域である。背側表層領域12及び腹側表層領域14は、いずれも、翼厚方向に表面から所定の深さまでの表層領域に含まれる。薄肉部分10aは、後述する深層領域、すなわち背側深層領域16及び腹側深層領域18を含まない。

- [0029] 複合材翼10は、図3に示すように、厚肉部分10bを含む。厚肉部分10bは、背側表層領域12と、腹側表層領域14と、背側深層領域16と、腹側深層領域18と、内部領域19と、を有する。背側深層領域16は、背側の表面から翼厚方向に所定の深さより深い領域である。腹側深層領域18は、腹側の表面から翼厚方向に所定の深さより深い領域である。背側深層領域16及び腹側深層領域18は、いずれも、表面から翼厚方向に所定の深さより深い表層領域に含まれる。
- [0030] 複合材翼10は、図2及び図3に示すように、背側表層領域12と、腹側表層領域14と、背側深層領域16と、腹側深層領域18と、内部領域19と、を有する。背側表層領域12及び背側深層領域16は、いずれも、翼厚方向の中間に対して背側にある領域であり、背側の翼部分に含まれる。腹側表層領域14及び腹側深層領域18は、いずれも、翼厚方向の中間に対して腹側にある領域であり、腹側の翼部分に含まれる。すなわち、複合材翼10は、背側の翼部分と、腹側の翼部分と、を有する。複合材翼10は、背側の翼部分と腹側の翼部分とが中立面において接合されている。詳細には、複合材翼10は、背側の翼部分における背側深層領域16と、腹側の翼部分における腹側深層領域18とが、中立面において接合されている。
- [0031] 複合材翼10は、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14が、深層領域である背側深層領域16及び腹側深層領域18より、面積が大きい。すなわち、複合材翼10は、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14における複合材料層が、深層領域である背側深層領域16及び腹側深層領域18における複合材料層より、面積が大きい。
- [0032] 図4は、第1の実施形態に係る複合材翼10の端部の拡大断面図である。図4は、図2における領域Cの拡大図である。複合材翼10は、図4に示すように、翼長方向に直交する面で切った断面において、翼幅方向における端部、すなわち複合材翼10の前縁側の端部及び後縁側の端部が、表層領域で

ある背側表層領域 1 2 と腹側表層領域 1 4 とによって構成されている。複合材翼 1 0 は、翼幅方向における端部において、背側表層領域 1 2 における複数の複合材料層 1 2 s の端部と、腹側表層領域 1 4 における複数の複合材料層 1 4 s の端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられている。具体的には、複合材翼 1 0 は、翼幅方向における端部において、複合材料層 1 2 s の端部が複合材料層 1 4 s の面に接触している接触部分 2 1 と、複合材料層 1 4 s の端部が複合材料層 1 2 s の面に接触している接触部分 2 2 と、が交互に配列されている。

[0033] 複合材翼 1 0 は、翼幅方向における端部において接触部分 2 1 と接触部分 2 2 とが交互に配列されているので、複合材料層 1 2 s の端部と複合材料層 1 4 s の端部とが接触する場合と比較して、複合材料層の積層に伴って中立面近傍に生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の端部により分断して、小さくすることができる。これにより、複合材翼 1 0 は、翼幅方向における端部において強度及び信頼性が向上する。このため、複合材翼 1 0 は、形状が安定化するので、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができる。また、複合材翼 1 0 は、中立面に対して翼厚方向に対称に複合材料層を重ね合わせる必要がないので、製造のコストを低減することができる。

[0034] 図 5 は、第 1 の実施形態に係る複合材翼 1 0 を構成する複合材料層の厚さの範囲を説明する説明図である。複合材翼 1 0 は、複合材翼 1 0 を構成する複合材料層の厚さの範囲のパターン 1 では、図 5 の ( 1 ) の欄に示すように、表層領域である背側表層領域 1 2 及び腹側表層領域 1 4 における複合材料層の 1 層あたりの厚さの範囲 S 1 と、深層領域である背側深層領域 1 6 及び腹側深層領域 1 8 における複合材料層の 1 層あたりの厚さの範囲 D 1 と、を有する。範囲 S 1 の中央値、すなわち、表層領域における複合材料層の 1 層あたりの厚さの中央値は、範囲 D 1 の中央値、すなわち、深層領域における複合材料層の 1 層あたりの厚さの中央値よりも薄い。また、範囲 S 1 の平均値、すなわち、表層領域における複合材料層の 1 層あたりの厚さの平均値は、範囲 D 1 の平均値、すなわち、深層領域における複合材料層の 1 層あたり

の厚さの平均値よりも薄い。このため、パターン1では、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さは、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さよりも薄い傾向を有する。なお、パターン1では、範囲S1と範囲D1が重なりを有する。このため、パターン1では、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さと、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さとの間には、傾向が入れ替わっている箇所がある。例えば、パターン1では、表層領域における複合材料層のうち最も厚い層は、深層領域における複合材料層のうち最も薄い層よりも厚くなっている。

[0035] 複合材翼10は、複合材翼10を構成する複合材料層の厚さの範囲のパターン2では、図5の(2)の欄に示すように、表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14における複合材料層の1層あたりの厚さの範囲S2と、深層領域である背側深層領域16及び腹側深層領域18における複合材料層の1層あたりの厚さの範囲D2と、を有する。範囲S2の中央値、すなわち、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、範囲D2の中央値、すなわち、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄い。また、範囲S2の平均値、すなわち、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、範囲D2の平均値、すなわち、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄い。このため、パターン2では、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さは、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さよりも薄い傾向を有する。なお、パターン2では、範囲S2と範囲D2が特定の厚さのみで重なりを有する。このため、パターン2では、表層領域における複合材料層のうち最も厚い層は、深層領域における複合材料層のうち最も薄い層と同じ厚さとなっている。

[0036] 複合材翼10は、複合材翼10を構成する複合材料層の厚さの範囲のパターン3では、図5の(3)の欄に示すように、表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14における複合材料層の1層あたりの厚さの範囲S3と、深層領域である背側深層領域16及び腹側深層領域18における複合

材料層の1層あたりの厚さの範囲D3と、を有する。範囲S3の中央値、すなわち、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、範囲D3の中央値、すなわち、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄い。また、範囲S3の平均値、すなわち、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、範囲D3の平均値、すなわち、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄い。このため、パターン3では、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さは、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さよりも薄い傾向を有する。なお、パターン3では、範囲S3と範囲D3との間に一定の厚さの間隙を有する。このため、パターン3では、表層領域における複合材料層のうち最も厚い層であっても、深層領域における複合材料層のうち最も薄い層よりも薄くなっている。

[0037] 複合材翼10は、上記のいずれのパターンであっても、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの傾向が単調ではない。すなわち、複合材翼10は、表層領域において、翼厚方向にいくにつれて複合材料層が厚くなる箇所もあれば、複合材料層が薄くなる箇所もある。また、複合材翼10は、上記のいずれのパターンであっても、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの傾向が単調ではない。すなわち、複合材翼10は、深層領域において、翼厚方向にいくにつれて複合材料層が厚くなる箇所もあれば、複合材料層が薄くなる箇所もある。

[0038] 複合材翼は、積層される複合材料層の1層あたりの厚さが薄ければ薄いほど、輪郭の精度が良くなるが、複合材料層の積層枚数が多くなってしまうため、製造コストが上昇してしまう。一方、複合材翼は、積層される複合材料層の1層あたりの厚さが厚ければ厚いほど、複合材料層の積層枚数が少なくなるため、製造コストが低減できるが、輪郭の精度が悪くなってしまう。そこで、上記のように、表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さが、深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さよりも薄い傾向を有するという少ない拘束条件を課すことで、複合材翼10は、設計の自由度をほとん

ど落とすことなく、十分に輪郭度を確保することと、製造のコストを低減することとを両立して実現することができるものとなっている。また、複合材翼10は、全体として、十分に厚さの精度を確保することができるものとなっている。

[0039] 表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14における複合材料層は、強化繊維が、強化繊維を構成する繊維束を開いて幅広とした開繊系の織物であることが好ましい。この場合、表層領域である背側表層領域12及び腹側表層領域14における複合材料層は、強化繊維を構成する繊維束を薄くすることができるため、より高い精度で輪郭度を確保することができる。

[0040] 複合材翼10は、背側の翼部分を背側表層領域12と背側深層領域16との2つの領域に分けて、背側表層領域12に1層あたりの厚さが比較的薄い複合材料層を積層し、背側深層領域16に1層あたりの厚さが比較的厚い複合材料層を積層している。複合材翼10は、翼幅方向における翼根側の中央部において、背側表層領域12の全体の厚さが背側深層領域16の全体の厚さよりも薄い、すなわち背側表層領域12の全体の厚さと背側深層領域16の全体の厚さとの背側厚さ割合が1以下であることが好ましい。複合材翼10は、翼幅方向における翼根側の中央部において、この背側厚さ割合が0.5以下であることがより好ましく、0.33以下であることがより好ましい。この場合、複合材翼10は、背側の翼部分について、十分に輪郭度及び厚さの精度をより確実に確保することができ、かつ、製造のコストをより低減することができる。

[0041] 複合材翼10は、腹側の翼部分を腹側表層領域14と腹側深層領域18との2つの領域に分けて、腹側表層領域14に1層あたりの厚さが比較的薄い複合材料層を積層し、腹側深層領域18に1層あたりの厚さが比較的厚い複合材料層を積層している。複合材翼10は、翼幅方向における翼根側の中央部において、腹側表層領域14の全体の厚さが腹側深層領域18の全体の厚さよりも薄い、すなわち腹側表層領域14の全体の厚さと腹側深層領域18の全体の厚さとの腹側厚さ割合が1以下であることが好ましい。複合材翼1



0は、翼幅方向における翼根側の中央部において、この腹側厚さ割合が0.5以下であることがより好ましく、0.33以下であることがより好ましい。この場合、複合材翼10は、腹側の翼部分について、十分に輪郭度及び厚さの精度をより確実に確保することができ、かつ、製造のコストをより低減することができる。

[0042] 複合材翼10は、背側の翼部分を背側表層領域12と背側深層領域16との2つの領域に分けているが、これに限定されることなく、3つ以上の領域に分けてもよい。複合材翼10は、背側の翼部分を3つ以上の領域に分ける場合、背側の表面から翼厚方向に浅い方の層には1層あたりの厚さが比較的薄い複合材料層を積層し、背側の表面から翼厚方向に深い方の層に行くにつれて、1層あたりの厚さが次第に比較的厚い複合材料層を積層する。この場合、複合材翼10は、背側の翼部分について、輪郭度及び厚さの精度の確保と、製造のコストの低減とを、細かいレベルで調整することができる。

[0043] 複合材翼10は、腹側の翼部分を腹側表層領域14と腹側深層領域18との2つの領域に分けているが、これに限定されることなく、3つ以上の領域に分けてもよい。複合材翼10は、腹側の翼部分を3つ以上の領域に分ける場合、腹側の表面から翼厚方向に浅い方の層には1層あたりの厚さが比較的薄い複合材料層を積層し、腹側の表面から翼厚方向に深い方の層に行くにつれて、1層あたりの厚さが次第に比較的厚い複合材料層を積層する。この場合、複合材翼10は、腹側の翼部分について、輪郭度及び厚さの精度の確保と、製造のコストの低減とを、細かいレベルで調整することができる。

[0044] 図6は、第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法を示すフローチャートである。図7は、第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法におけるフローの途中の状態を説明する説明図である。図7は、図2及び図3と同様に、断面図である。図6及び図7を用いて、第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法を説明する。第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法は、第1の実施形態に係る複合材翼10を得る方法の一例である。複合材翼10の製造方法は、図6に示すように、背側表層領域積層ステップ（ステ

ップS 1 2) と、背側深層領域積層ステップ (ステップS 1 4) と、腹側表層領域積層ステップ (ステップS 1 6) と、腹側深層領域積層ステップ (ステップS 1 8) と、接合ステップ (ステップS 2 0) と、を含む。

[0045] まず、複合材翼 1 0 の背側の表面を成形する背側成形面 3 2 a と、背側成形面 3 2 a の周囲に設けられた平坦な背側型合わせ面 3 2 b と、を有する背側成形型 3 2 を準備する。背側成形型 3 2 を、背側成形面 3 2 a を鉛直方向上側に向けるように載置する。そして、背側成形型 3 2 の背側成形面 3 2 a に、背側表層領域 1 2 を構成する複合材料層を積層する (ステップS 1 2) 。

[0046] 次に、背側成形型 3 2 に積層した背側表層領域 1 2 を構成する複合材料層の上に、背側深層領域 1 6 を構成する複合材料層を積層する (ステップS 1 4) 。その後、背側成形型 3 2 に積層した背側深層領域 1 6 を構成する複合材料層の上に、内部領域 1 9 の背側部分を構成する発泡材料を積層して、中立面を形成する。

[0047] また、複合材翼 1 0 の腹側の表面を成形する腹側成形面 3 4 a と、腹側成形面 3 4 a の周囲に設けられた平坦な腹側型合わせ面 3 4 b と、を有する腹側成形型 3 4 を準備する。腹側成形型 3 4 を、腹側成形面 3 4 a を鉛直方向上側に向けるように載置する。そして、腹側成形型 3 4 の腹側成形面 3 4 a に、腹側表層領域 1 4 を構成する複合材料層を積層する (ステップS 1 6) 。

[0048] 次に、腹側成形型 3 4 に積層した腹側表層領域 1 4 を構成する複合材料層の上に、腹側深層領域 1 8 を構成する複合材料層を積層する (ステップS 1 8) 。その後、腹側成形型 3 4 に積層した腹側深層領域 1 8 を構成する複合材料層の上に、内部領域 1 9 の腹側部分を構成する発泡材料を積層して、中立面を形成する。

[0049] ここで、ステップS 1 2 からステップS 1 8 の順序は、ステップS 1 2 の後にステップS 1 4 が施され、ステップS 1 6 の後にステップS 1 8 が施されれば、適宜入れ替えることができる。例えば、ステップS 1 2、ステップ

S 1 6、ステップS 1 4及びステップS 1 8の順に施してもよいし、ステップS 1 6、ステップS 1 8、ステップS 1 2及びステップS 1 4の順に施してもよい。

[0050] ステップS 1 2からステップS 1 8で積層される複合材料層は、いずれも、熱硬化性樹脂が、軟化状態または半硬化状態である。これらの複合材料層は、いずれも、熱硬化性樹脂が半硬化状態であるプリプレグであることが好ましい。

[0051] 第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法におけるステップS 1 2及びステップS 1 6は、翼幅方向における端部において、背側表層領域12における複数の複合材料層12sの端部と、腹側表層領域14における複数の複合材料層14sの端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられるように、複数の複合材料層12s及び複数の複合材料層14sをそれぞれ積層することが好ましい。具体的には、第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法におけるステップS 1 2及びステップS 1 6は、翼幅方向における端部において、複合材料層12sの端部が複合材料層14sの面に接触している接触部分21と、複合材料層14sの端部が複合材料層12sの面に接触している接触部分22と、が交互に配列されるように、複数の複合材料層12s及び複数の複合材料層14sをそれぞれ積層することが好ましい。

[0052] ステップS 1 2からステップS 1 8が全て施された後、図7に示すように、背側成形型32に積層した背側表層領域12及び背側深層領域16をそれぞれ構成する複合材料層、並びに、背側成形型32に積層した内部領域19の背側部分を構成する発泡材料と、腹側成形型34に積層した腹側表層領域14及び腹側深層領域18をそれぞれ構成する複合材料層、並びに、腹側成形型34に積層した内部領域19の腹側部分を構成する発泡材料と、を中立面において重ね合わせる。これにより、図7に示すように、背側表層領域12及び背側深層領域16をそれぞれ構成する複合材料層が、それぞれプレ背側表層領域12P及びプレ背側深層領域16Pとなる。また、腹側表層領域

14及び腹側深層領域18をそれぞれ構成する複合材料層が、それぞれプレ腹側表層領域14P及びプレ腹側深層領域18Pとなる。また、内部領域19を構成する発泡材料が、プレ内部領域19Pとなる。

[0053] この中立面において重ね合わせる際、背側成型型32の背側型合わせ面32bと、腹側成型型34の腹側型合わせ面34bと、が重ね合わせられることで、複合材翼10の輪郭度及び厚さの精度を確実に確保することができる。

[0054] この中立面において重ね合わせた後、重ね合わせた複合材料層を加熱して、複合材料層に含まれる熱硬化性樹脂を、軟化状態または半硬化状態から、半硬化状態または硬化状態に硬化させることで、複合材料層を接合する（ステップS20）。これに伴い、プレ背側表層領域12P、プレ腹側表層領域14P、プレ背側深層領域16P、プレ腹側深層領域18Pは、それぞれ、複合材料が接合された背側表層領域12、腹側表層領域14、背側深層領域16及び腹側深層領域18となる。また、プレ内部領域19Pは、内部領域19となる。このようにして、複合材翼10が得られる。

[0055] 複合材翼10及び複合材翼10の製造方法は、以上のような構成を有するので、表層領域では比較的薄い複合材料層を用い、深層領域では比較的厚い複合材料層を用いる。このため、複合材翼10及び複合材翼10の製造方法は、比較的薄い複合材料層により十分に輪郭度の精度を確保することができ、比較的厚い複合材料層により製造のコストを低減することができ、全体として、十分に厚さの精度を確保することができる。

[0056] 複合材翼10及び複合材翼10の製造方法は、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域における複合材料層が、深層領域における複合材料層より、面積が大きい。このため、複合材翼10及び複合材翼10の製造方法は、比較的薄い複合材料層を用いる表層領域で、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向におけるより広い範囲の輪郭度の精度を確保することができる。

[0057] 複合材翼10及び複合材翼10の製造方法は、厚肉部分10bよりも薄く

、深層領域を含まない薄肉部分 10a をさらに有する。このため、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、比較的薄い複合材料層を用いる表層領域で、翼厚方向の厚さの薄い部分における厚さの精度を確保することができる。

[0058] 複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、背側の翼部分と腹側の翼部分とを有し、背側の翼部分と腹側の翼部分とが中立面において接合されており、背側の翼部分が背側表層領域 12 と背側深層領域 16 とを含み、腹側の翼部分が腹側表層領域 14 と腹側深層領域 18 とを含む。このため、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、背側及び腹側のそれぞれについて、比較的薄い複合材料層により十分に輪郭度の精度を確保することができ、比較的厚い複合材料層により製造のコストを低減することができ、全体として、十分に厚さの精度を確保することができる。

[0059] 複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、さらに、翼幅方向における端部が、背側表層領域 12 と腹側表層領域 14 とにより構成されており、背側表層領域 12 における複合材料層 12s の端部と、腹側表層領域 14 における複合材料層 14s の端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられている。このため、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、複合材料層 12s の端部と複合材料層 14s の端部とが接触する場合と比較して、複合材料層の積層に伴って中立面の近傍に生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の端部により分断して、小さくすることができる。これにより、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、翼幅方向における端部における強度及び信頼性を向上させることができる。このため、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、複合材翼 10 の形状を安定化させることができるので、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができる。また、複合材翼 10 及び複合材翼 10 の製造方法は、中立面に対して翼厚方向に対称に複合材料層を重ね合わせる必要がないので、製造のコストを低減することができる。

[0060] [第 2 の実施形態]

特許文献 1 に記載された複合材翼は、中立面に対して翼厚方向に対称に、薄い複合材料層を大量に重ね合わせている。このため、特許文献 1 に記載された複合材翼は、中立面において、複合材料層の積層に伴って中立面の近傍に生じる間隙であるプライドロップが大きく形成されてしまうという問題があった。特許文献 1 に記載された複合材翼は、大きく形成されてしまうプライドロップにより、翼幅方向における端部における強度及び信頼性が低下するという問題があった。第 2 の実施形態に係る複合材翼は、これらの問題に鑑みてなされたものであって、翼幅方向における端部における強度及び信頼性を向上させた複合材翼及び複合材翼の製造方法を提供することを目的とするものである。

[0061] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、第 1 の実施形態に係る複合材翼 10 において、図 5 に示すような、複合材翼を構成する複合材料層の 1 層あたりの厚さの傾向がないものである。すなわち、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、第 1 の実施形態に係る複合材翼 10 において、表層領域における複合材料層の 1 層あたりの厚さの中央値または平均値が、深層領域における複合材料層の 1 層あたりの厚さの中央値または平均値よりも薄いという傾向がないものである。第 2 の実施形態に係る複合材翼は、その他の構成については、複合材翼 10 と同様である。第 2 の実施形態の説明では、第 1 の実施形態と同様の構成に第 1 の実施形態と同一の符号群を用い、その詳細な説明を省略する。

[0062] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層が翼厚方向に積層されて形成されたものである。第 2 の実施形態に係る複合材翼に含まれる複合材料層を構成する強化繊維及び樹脂は、複合材翼 10 に含まれる複合材料層を構成する強化繊維及び樹脂と同様である。

[0063] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、図 2 及び図 3 に示すように、背側表層領域 12 と、腹側表層領域 14 と、背側深層領域 16 と、腹側深層領域 18 と、内部領域 19 と、を有する。背側表層領域 12

は、背側の表面から翼厚方向に所定の深さまでの領域である。背側深層領域 16 は、背側の表面から翼厚方向に所定の深さより深い領域である。腹側表層領域 14 は、腹側の表面から翼厚方向に所定の深さまでの領域である。腹側深層領域 18 は、腹側の表面から翼厚方向に所定の深さより深い領域である。

[0064] 第 2 の実施形態に係る複合材翼における背側表層領域 12 及び腹側表層領域 14 は、いずれも、複合材翼 10 と同様に、翼厚方向に表面から所定の深さまでの表層領域に含まれる。第 2 の実施形態に係る複合材翼における背側深層領域 16 及び腹側深層領域 18 は、いずれも、複合材翼 10 と同様に、翼厚方向に表面から所定の深さより深い深層領域に含まれる。

[0065] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、図 2 及び図 3 に示すように、薄肉部分 10a と厚肉部分 10b とを有する。薄肉部分 10a は、表層領域、すなわち背側表層領域 12 と、腹側表層領域 14 と、を有する。薄肉部分 10a は、深層領域、すなわち背側深層領域 16 及び腹側深層領域 18 を含まない。厚肉部分 10b は、背側表層領域 12 と、腹側表層領域 14 と、背側深層領域 16 と、腹側深層領域 18 と、内部領域 19 と、を有する。

[0066] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、背側の翼部分と、腹側の翼部分と、を有する。背側の翼部分は、翼厚方向の中間に対して背側にある領域であり、背側表層領域 12 と背側深層領域 16 とを含む。腹側の翼部分は、翼厚方向の中間に対して腹側にある領域であり、腹側表層領域 14 と腹側深層領域 18 とを含む。第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、背側の翼部分と腹側の翼部分とが中立面において接合されている。詳細には、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、背側の翼部分における背側深層領域 16 と、腹側の翼部分における腹側深層領域 18 とが、中立面において接合されている。

[0067] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 10 と同様に、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域である背側表層領域 12 及び腹側

表層領域 1 4 が、深層領域である背側深層領域 1 6 及び腹側深層領域 1 8 より、面積が大きい。すなわち、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域である背側表層領域 1 2 及び腹側表層領域 1 4 における複合材料層が、深層領域である背側深層領域 1 6 及び腹側深層領域 1 8 における複合材料層より、面積が大きい。

[0068] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、図 4 に示すように、翼幅方向における端部が、表層領域である背側表層領域 1 2 と腹側表層領域 1 4 とによって構成されている。複合材翼 1 0 は、翼幅方向における端部において、背側表層領域 1 2 における複数の複合材料層 1 2 s の端部と、腹側表層領域 1 4 における複数の複合材料層 1 4 s の端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられている。具体的には、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、翼幅方向における端部において、複合材料層 1 2 s の端部が複合材料層 1 4 s の面に接触している接触部分 2 1 と、複合材料層 1 4 s の端部が複合材料層 1 2 s の面に接触している接触部分 2 2 と、が交互に配列されている。

[0069] 第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、翼幅方向における端部において接触部分 2 1 と接触部分 2 2 とが交互に配列されているので、複合材料層 1 2 s の端部と複合材料層 1 4 s の端部とが接触する場合と比較して、複合材料層の積層に伴って生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の端部により分断して、小さくすることができる。これにより、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、翼幅方向における端部において強度及び信頼性が向上する。このため、第 2 の実施形態に係る複合材翼は、複合材翼 1 0 と同様に、形状が安定化するので、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができる。また、複合材翼 1 0 は、中立面に対して翼厚方向に対称に複合材料層を重ね合わせる必要がないので、製造のコストを低減することができる。

[0070] 第 2 の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、第 2 の実施形態に係る複合



材翼を得る方法の一例である。第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、第1の実施形態に係る複合材翼10の製造方法と同様に、図6に示すように、背側表層領域積層ステップ（ステップS12）と、背側深層領域積層ステップ（ステップS14）と、腹側表層領域積層ステップ（ステップS16）と、腹側深層領域積層ステップ（ステップS18）と、接合ステップ（ステップS20）と、を含む。

[0071] 第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法におけるステップS12及びステップS16は、第1の実施形態と同様に、翼幅方向における端部において、背側表層領域12における複数の複合材料層12sの端部と、腹側表層領域14における複数の複合材料層14sの端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられるように、複数の複合材料層12s及び複数の複合材料層14sをそれぞれ積層する。具体的には、第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法におけるステップS12及びステップS16は、第1の実施形態と同様に、翼幅方向における端部において、複合材料層12sの端部が複合材料層14sの面に接触している接触部分21と、複合材料層14sの端部が複合材料層12sの面に接触している接触部分22と、が交互に配列されるように、複数の複合材料層12s及び複数の複合材料層14sをそれぞれ積層する。これにより、第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、第2の実施形態に係る複合材翼を得ることができる。

[0072] 第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、以上のような構成を有するので、複合材料層の積層に伴って生じる間隙であるプライドロップを複合材料層の端部により分断して、小さくすることができる。これにより、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、翼幅方向における端部において強度及び信頼性が向上する。このため、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、形状が安定化するので、十分に輪郭度及び厚さの精度を確保することができる。また、第2の実施形態に係る複合

材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、中立面に対して翼厚方向に対称に複合材料層を重ね合わせる必要がないので、製造のコストを低減することができる。

[0073] 第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、複合材翼10及び複合材翼10の製造方法と同様に、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向において、表層領域における複合材料層が、深層領域における複合材料層より、面積が大きい。このため、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、複合材料層の翼幅方向における端部が交互に接触して設けられる端部において、強度及び信頼性がより向上する。このため、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向においてより広い範囲で形状が安定化するので、翼幅方向と翼長方向とを含む面方向におけるより広い範囲の輪郭度の精度を確保することができる。

[0074] 第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、複合材翼10及び複合材翼10の製造方法と同様に、厚肉部分10bよりも薄く、深層領域を含まない薄肉部分10aをさらに有する。このため、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、複合材料層の翼幅方向における端部が交互に接触して設けられる端部において、翼厚方向の厚さの薄い部分において強度及び信頼性がより向上する。このため、第2の実施形態に係る複合材翼及び第2の実施形態に係る複合材翼の製造方法は、翼厚方向の厚さの薄い部分において形状が安定化するので、翼厚方向の厚さの薄い部分における厚さの精度を確保することができる。

## 符号の説明

- [0075] 10 複合材翼  
10a 薄肉部分  
10b 厚肉部分  
12 背側表層領域

- 1 2 P プレ背側表層領域
- 1 2 s, 1 4 s 複合材料層
- 1 4 腹側表層領域
- 1 4 P プレ腹側表層領域
- 1 6 背側深層領域
- 1 6 P プレ背側深層領域
- 1 8 腹側深層領域
- 1 8 P プレ腹側深層領域
- 1 9 内部領域
- 1 9 P プレ内部領域
- 2 1, 2 2 接触部分
- 3 2 背側成型型
- 3 2 a 背側成型面
- 3 2 b 背側型合わせ面
- 3 4 腹側成型型
- 3 4 a 腹側成型面
- 3 4 b 腹側型合わせ面
- D 1, D 2, D 3, S 1, S 2, S 3 範囲

## 請求の範囲

- [請求項1] 強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であって、
- 前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、
- 表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの表層領域と、前記表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い深層領域と、を含む厚肉部分を有し、
- 前記表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄いことを特徴とする複合材翼。
- [請求項2] 強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であって、
- 前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、
- 表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの表層領域と、前記表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い深層領域と、を含む厚肉部分を有し、
- 前記表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄いことを特徴とする複合材翼。
- [請求項3] 前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向と、前記複合材翼の翼頂側と翼根側とを結ぶ方向である翼長方向と、を含む面方向において、前記表層領域における複合材料層は、前記深層領域における複合材料層より、面積が大きいことを特徴とする請求項1または請求項2に記載の複合材翼。
- [請求項4] 前記厚肉部分よりも薄く、前記深層領域を含まない薄肉部分をさらに有することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載

載の複合材翼。

[請求項5]

前記背側の翼部分と、前記腹側の翼部分と、を有し、  
前記背側の翼部分と前記腹側の翼部分とが中立面において接合されており、

前記背側の翼部分は、前記翼厚方向に、前記背側の表面から前記所定の深さまでの背側表層領域と、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域と、を含み、

前記腹側の翼部分は、前記翼厚方向に、前記腹側の表面から前記所定の深さまでの腹側表層領域と、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域と、を含むことを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の複合材翼。

[請求項6]

前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向における端部は、前記背側表層領域と前記腹側表層領域とにより構成されており、

前記背側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、前記腹側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられていることを特徴とする請求項5に記載の複合材翼。

[請求項7]

強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して形成される複合材翼であって、

前記複合材料層は、前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に積層され、

前記背側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの背側表層領域と、

前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域と、

前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域と、

前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域と、

を有し、

前記背側表層領域及び前記背側深層領域と、前記腹側表層領域及び前記腹側深層領域とが中立面において接合されており、

前記複合材翼の前縁側と後縁側とを結ぶ方向である翼幅方向における端部は、前記背側表層領域と前記腹側表層領域とにより構成されており、

前記背側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、前記腹側表層領域における複合材料層の翼幅方向における端部と、が交互に他方の表層領域の複合材料層の中立面側表面に接触して設けられていることを特徴とする複合材翼。

[請求項8]

強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して複合材翼を製造する方法であって、

前記複合材翼の背側の表面を成形する背側成形面を有する背側成形型に、前記背側の表面から前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に、所定の深さまでの背側表層領域を構成する複合材料層を積層する背側表層領域積層ステップと、

前記背側成形型に積層した背側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域を構成する複合材料層を積層する背側深層領域積層ステップと、

前記複合材翼の腹側の表面を成形する腹側成形面を有する腹側成形型に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域を構成する複合材料層を積層する腹側表層領域積層ステップと、

前記腹側成形型に積層した腹側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域を構成する複合材料層を積層する腹側深層領域積層ステップ

と、

前記背側成形型に積層した背側表層領域及び背側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、前記腹側成形型に積層した腹側表層領域及び腹側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、を中立面において重ね合わせて接合する接合ステップと、

を含み、

前記背側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記背側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄く、

前記腹側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値は、前記腹側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの中央値よりも薄いことを特徴とする複合材翼の製造方法。

[請求項9]

強化繊維に樹脂が含浸された複合材料層を積層して複合材翼を製造する方法であって、

前記複合材翼の背側の表面を成形する背側成形面を有する背側成形型に、前記背側の表面から前記複合材翼の背側と腹側とを結ぶ方向である翼厚方向に、所定の深さまでの背側表層領域を構成する複合材料層を積層する背側表層領域積層ステップと、

前記背側成形型に積層した背側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記背側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い背側深層領域を構成する複合材料層を積層する背側深層領域積層ステップと、

前記複合材翼の腹側の表面を成形する腹側成形面を有する腹側成形型に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に所定の深さまでの腹側表層領域を構成する複合材料層を積層する腹側表層領域積層ステップと、

前記腹側成形型に積層した腹側表層領域を構成する複合材料層の上に、前記腹側の表面から前記翼厚方向に前記所定の深さより深い腹側深層領域を構成する複合材料層を積層する腹側深層領域積層ステップ

と、

前記背側成形型に積層した背側表層領域及び背側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、前記腹側成形型に積層した腹側表層領域及び腹側深層領域をそれぞれ構成する複合材料層と、を中立面において重ね合わせて接合する接合ステップと、

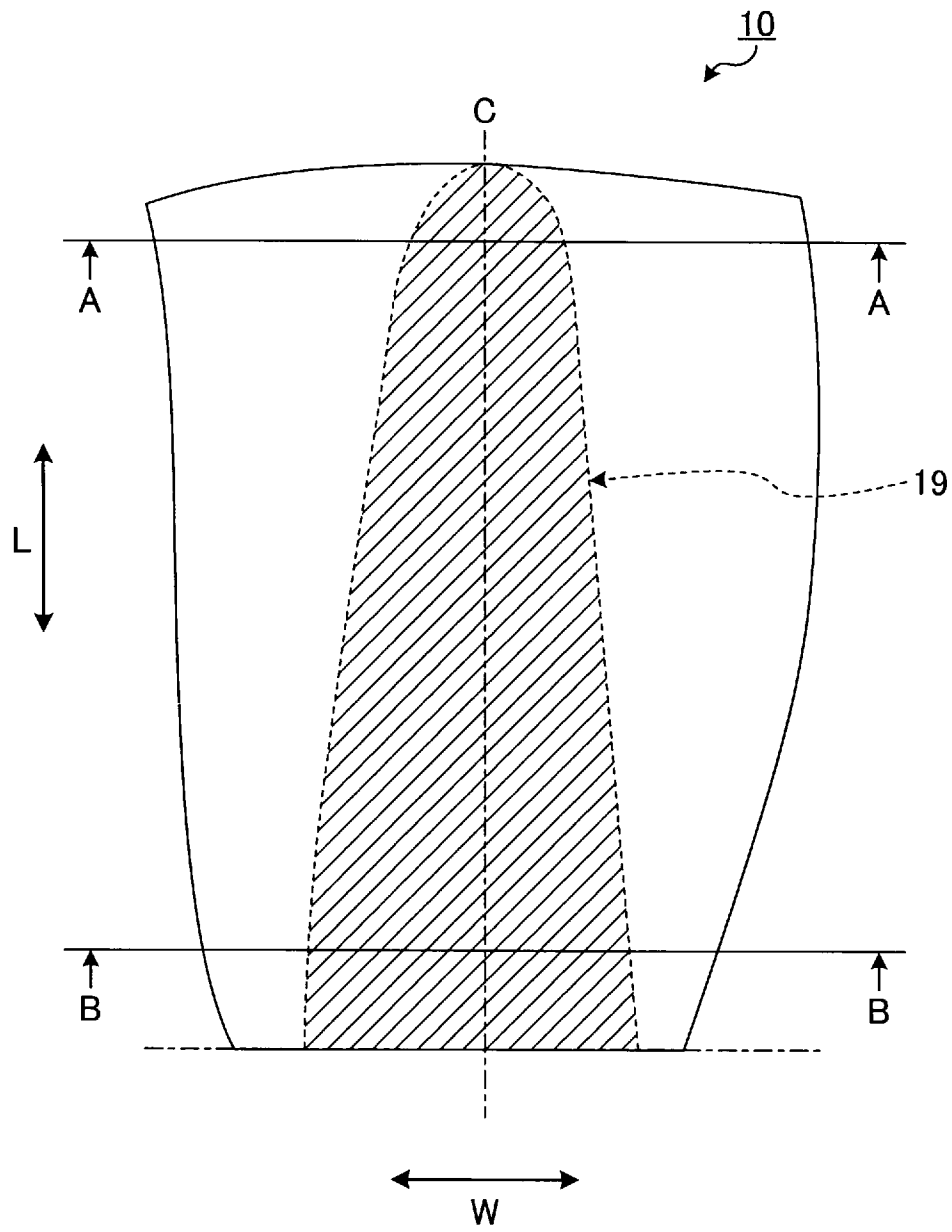
を含み、

前記背側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記背側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄く、

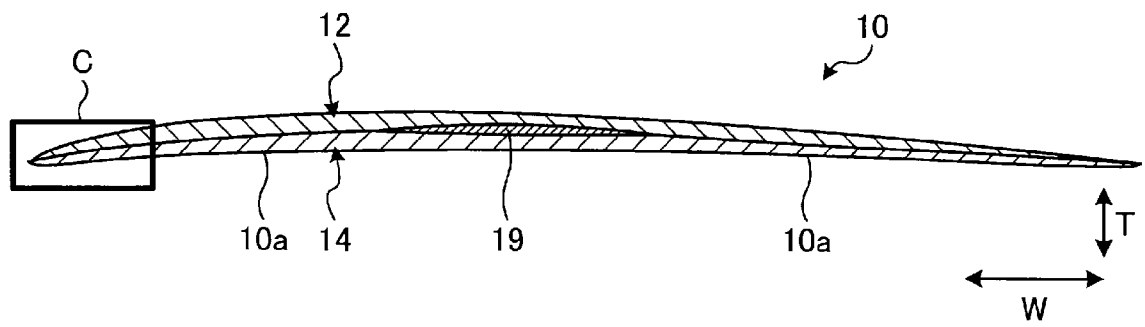
前記腹側表層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値は、前記腹側深層領域における複合材料層の1層あたりの厚さの平均値よりも薄いことを特徴とする複合材翼の製造方法。



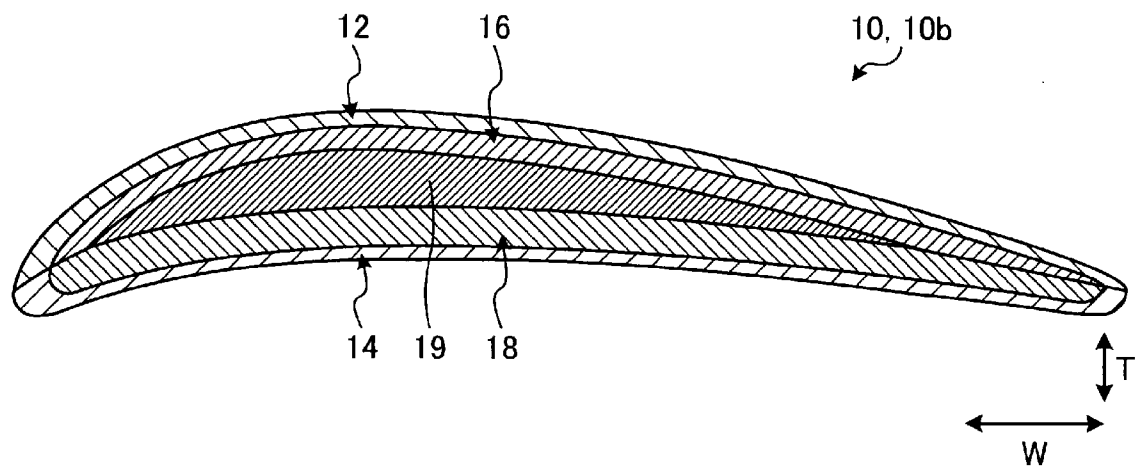
[図1]



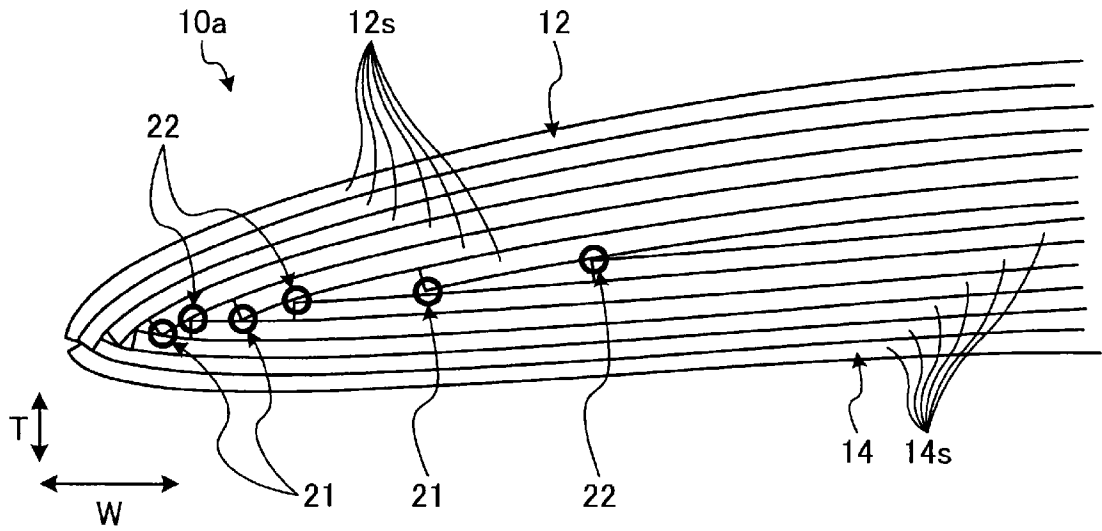
[図2]



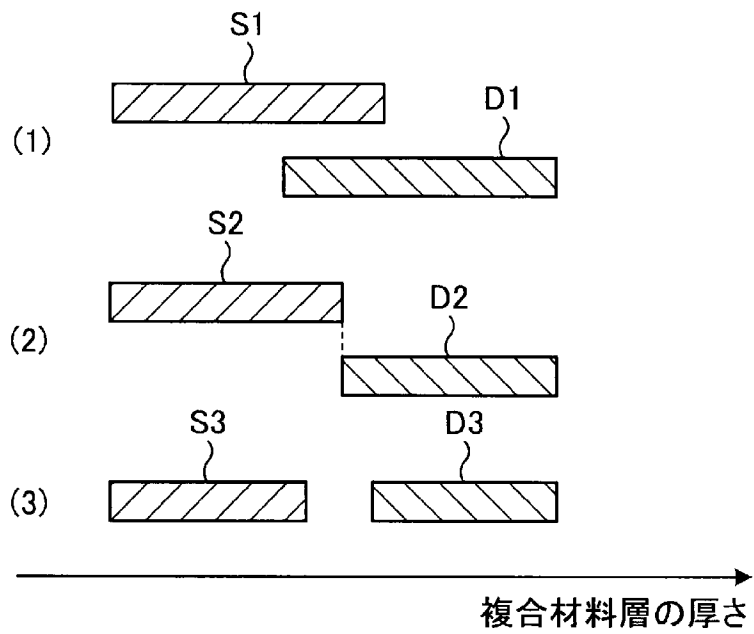
[図3]



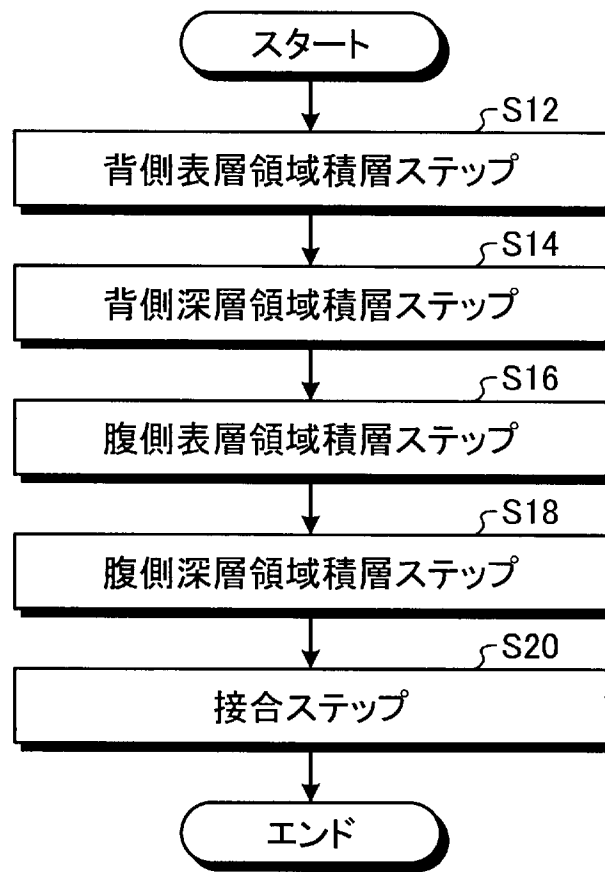
[図4]



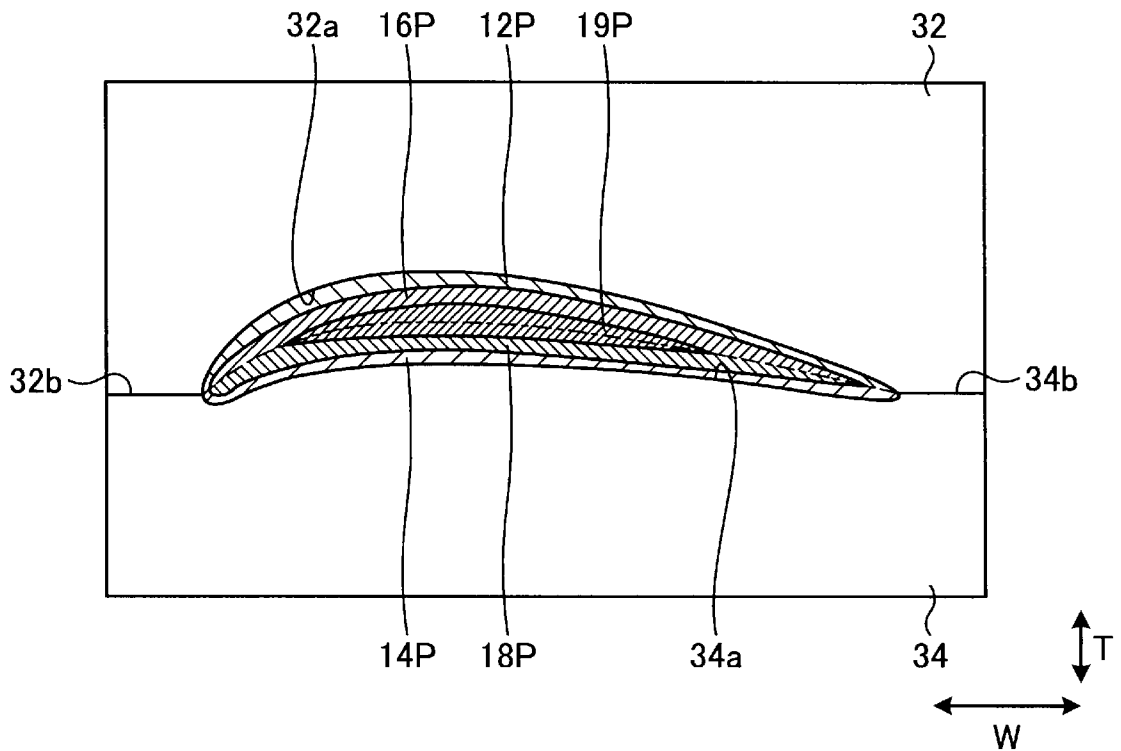
[図5]



[図6]



[図7]



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/017534

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 Int.Cl. F04D29/38 (2006.01) i, B32B1/04 (2006.01) i, B32B27/04 (2006.01) i,  
 C08J5/04 (2006.01) i, F01D5/28 (2006.01) i  
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**  
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 Int.Cl. F04D29/38, B32B1/04, B32B27/04, C08J5/04, F01D5/28

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 | 1971-2018 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2018 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2018 |

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<br>Y    | JP 6-500157 A (THE MARLEY COOLING TOWER COMPANY) 06<br>January 1994, page 7, upper left column, line 2, to<br>page 9, line 6, fig. 9-21 & US 5096384 A, column 7,<br>line 9 to column 12, line 50, fig. 9-21 & WO<br>1992/002410 A1 & EP 541718 A & DE 69110129 T2 | 1-5<br>6, 8-9         |
| X<br>Y    | US 2016/0250812 A1 (UNITED TECHNOLOGIES<br>CORPORATION) 01 September 2016, paragraphs [0033],<br>[0046], [0049], fig. 1B & WO 2015/057391 A1 & EP<br>3057805 A   | 7<br>6, 8-9           |
| Y         | US 4268571 A (DOWTY ROTOL LIMITED) 19 May 1981,<br>column 2, line 25 to column 3, line 26, fig. 1 & GB<br>2032832 A & DE 2937417 A1 & FR 2436007 A1  | 8-9                   |
| Y         | JP 2016-32929 A (SEKISUI CHEMICAL CO., LTD.) 10<br>March 2016, paragraphs [0030]-[0034], fig. 1, 3<br>(Family: none)   | 8-9                   |

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "I" 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  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "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   |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date   | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family  |
| "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  |  |

|  |   |
|--|---|
| Date of the actual completion of the international search<br>20 July 2018 (20.07.2018) | Date of mailing of the international search report<br>31 July 2018 (31.07.2018) |
|--|---|

|  |   |
|--|---|
| Name and mailing address of the ISA/<br>Japan Patent Office<br>3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 100-8915, Japan | Authorized officer<br><br>Telephone No. |
|--|---|

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/38(2006.01)i, B32B1/04(2006.01)i, B32B27/04(2006.01)i, C08J5/04(2006.01)i, F01D5/28(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. F04D29/38, B32B1/04, B32B27/04, C08J5/04, F01D5/28

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 | 1971-2018年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2018年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2018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<br>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<br>請求項の番号 |
|-----------------|---|----------------|
| X<br>Y          | JP 6-500157 A (ザ・マーレイ・クーリング・タワー・カンパニー)<br>1994.01.06, 第7頁左上欄第2行-第9頁第6行, 図9-21<br>& US 5096384 A, 第7欄第9行-第12欄第50行, 図9-21<br>& WO 1992/002410 A1 & EP 541718 A & DE 69110129 T2 | 1-5<br>6,8-9   |
| X<br>Y          | US 2016/0250812 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORPORATION)<br>2016.09.01, 段落0033, 0046, 0049, 図1B<br>& WO 2015/057391 A1 & EP 3057805 A   | 7<br>6,8-9     |

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  | の日の後に公表された文献   |
| 「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                                 | 「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     |
| 「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                         | 「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                     |
| 「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) | 「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 |
| 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献                                      | 「&」同一パテントファミリー文献   |
| 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願                                   |  |

|   |   |
|---|---|
| 国際調査を完了した日<br>20.07.2018  | 国際調査報告の発送日<br>31.07.2018                              |
| 国際調査機関の名称及びあて先<br>日本国特許庁 (ISA/J P)<br>郵便番号100-8915<br>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)<br>大瀬 円<br>電話番号 03-3581-1101 内線 3358 |

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |   |                |
|-----------------------|---|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y                     | US 4268571 A (DOWTY ROTOL LIMITED) 1981.05.19,<br>第2欄第25行-第3欄第26行, 図1<br>& GB 2032832 A & DE 2937417 A1 & FR 2436007 A1 | 8-9            |
| Y                     | JP 2016-32929 A (積水化学工業株式会社) 2016.03.10,<br>段落0030-0034, 図1,3 (ファミリーなし)   | 8-9            |