

(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
2017 年 3 月 9 日(09.03.2017)



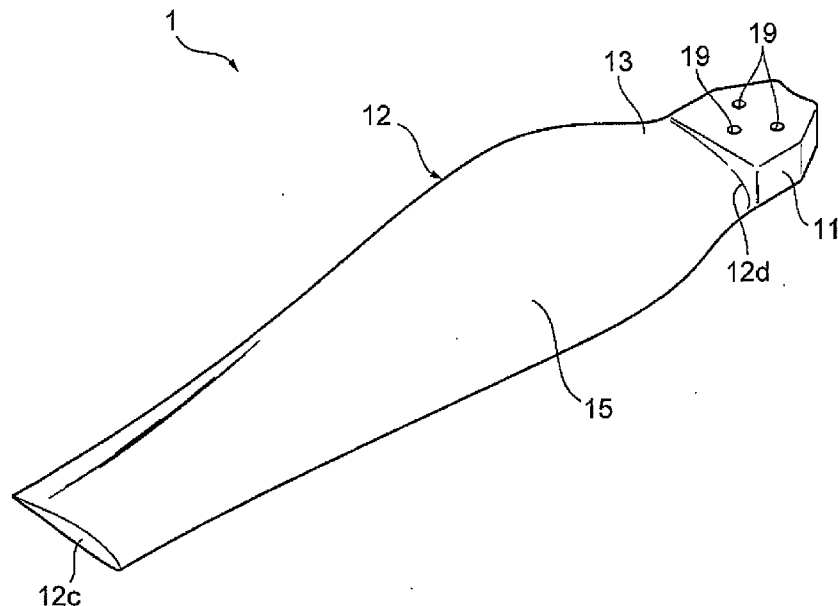
(10) 国際公開番号

WO 2017/037930 A1

- (51) 国際特許分類:
F03D 11/00 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/075131
- (22) 国際出願日: 2015 年 9 月 3 日(03.09.2015)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 積水化成品工業株式会社 (SEKISUI PLASTICS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5308565 大阪府大阪市北区西天満二丁目 4 番 4 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 中村 真章 (NAKAMURA, Masaaki); 〒6328505 奈良県天理市森本町 6 7 0 番地 積水化成品工業株式会社内 Nara (JP). 道畑 里美 (MICHIHATA, Satomi); 〒6328505 奈良県天理市森本町 6 7 0 番地 積水化成品工業株式会社内 Nara (JP).
- (74) 代理人: 藤本 昇 (FUJIMOTO, Noboru); 〒5420081 大阪府大阪市中央区南船場 1 丁目 1 5 番 1 4 号 堺筋稲畑ビル 2 階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
- 添付公開書類:
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: WINDMILL BLADE

(54) 発明の名称: 風車用ブレード



(57) Abstract: Provided is a windmill blade equipped with a core material formed of an acrylic resin foam, and an outer skin covering the core material. The outer skin is formed of a fiber-reinforced resin material containing carbon fibers and resin, and the acrylic resin foam has a specific bending elastic modulus.

(57) 要約: アクリル樹脂発泡体で形成された芯材と、該芯材を覆う外皮とを備え、前記外皮がカーボン繊維と樹脂とを含む繊維強化樹脂材で形成されており、前記アクリル樹脂発泡体が特定の曲げ弾性率を有する風車用ブレードを提供する。

WO 2017/037930 A1

明 細 書

発明の名称：風車用ブレード

技術分野

[0001] 本発明は、風車用ブレードに関する。

背景技術

[0002] 従来、風力発電などに利用される風車は、回転軸に複数のブレード（以下、「風車用ブレード」ともいう）が取付けられている。

風車は、風力による回転を効率的なものとするために、ブレードが軽量であることが望ましい。

そのため、従来、中空のブレードが風車に用いられている。

[0003] しかしながら風車用ブレードは、外皮のみで形成された中空体とすると強度不足になるおそれがある。

このような点を鑑みて、例えば、特許文献1においては、強度に優れた繊維強化樹脂材によって外皮を形成させた風車用ブレードが提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2002-137307号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 風車用ブレードは、通常、風力によって曲げやねじれが生じる。

中空の風車用ブレードは、外皮の一部に周囲に比べて厚みが薄い部分が形成されていたりすると、このような部位において曲げやねじれの応力が集中し易い。

風車用ブレードは、軽量化を図るべく外皮を薄肉化させると特にこのような応力集中が生じ易くなる。

そのため、この種の風車用ブレードは、強い風に晒されたりすると破損してしまうおそれがある。

即ち、従来の風車用ブレードは、強度と軽量性との両立を図ることが難しいという問題を有している。

[0006] 本発明は、このような問題点を解決することを課題としており、強度と軽量性とに優れた風車用ブレードを提供することを課題としている。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決すべく、本発明は、芯材と、該芯材を覆う外皮とを備え、前記外皮がカーボン繊維と樹脂とを含む繊維強化樹脂材で形成され、前記芯材は、少なくとも一部がアクリル樹脂発泡体で形成されており、該アクリル樹脂発泡体が5 MPa以上の曲げ弾性率を有する風車用ブレードを提供する。

発明の効果

[0008] 本発明の風車用ブレードは、樹脂発泡体で形成された芯材を備えている。

また、本発明では、強度に優れたアクリル樹脂発泡体で芯材を形成させている。

従って、本発明によれば、風車用ブレードに優れた強度と軽量性とを発揮させ得る。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]本発明の一実施形態に係る風車用ブレードの模式的斜視図である。

[図2a]図1に示す風車用ブレードの正面図である。

[図2b]図1に示す風車用ブレードの側面図である。

[図3a]図2aに示すI-I線矢視断面図である。

[図3b]図2aに示すII-II線矢視断面図である。

[図4]図2bに示すIII-III線矢視断面図である。

[図5]図3aのD部近傍の外皮および補強材の様子を示す要部拡大断面図である。

[図6]製造時において、半割状態の外皮の内壁面に補強材を配置した状態を説明するための模式的斜視図。

[図7]製造時において、補強材上に桁芯を配置した状態を説明するための模式

的斜視図。

[図8]製造時において、桁芯の表面に繊維強化樹脂材で桁外皮を形成した状態を説明するための模式的斜視図。

[図9]製造時において、桁体とともに芯材を形成するアクリル樹脂発泡体を桁体の左右に配置した状態を説明するための模式的斜視図。

[図10]半割状態の外皮同士を貼り合わせて、風車用ブレードを作製する前の状態を示した模式的斜視図。

[図11]他の実施形態に係る風車用ブレードの断面図である。

[図12]他の実施形態に係る風車用ブレードの断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下に本発明の実施形態に係る風車用ブレードについて図を参照しつつ説明する。

[0011] 図1は、本発明の実施形態に係る風車用ブレードの模式的斜視図である。

図2aは、図1に示す風車用ブレードの正面図であり、図2bは、その側面図である。

図3aは、図2aに示すI-I線矢視断面図であり、図3bは、図2aに示すII-II線矢視断面図である。

図4は、図2bに示すIII-III線矢視断面図である。

図5は、図3aのD部近傍の外皮および補強材の要部拡大断面図である。

[0012] 1. 風車用ブレードの全体構造

本実施形態に係る風車用ブレード1は、風車の回転軸に複数取付けられるブレードであり、図1に示すように、風車の回転軸に取付けられる取付け部11と、取付け部11から延在する羽根部12とを備えている。

羽根部12は、前記延在する方向に長く伸びる板状体となっており、当該羽根部12の幅方向の一方側に尖った流線形の断面形状を有する。

羽根部12は、前記板状体に振りを加えた形状となっており、その先端12cから基端12dまで流線形の断面形状を維持して前記板状体が振じられた形状を有している（たとえば図3b参照）。

[0013] また、図 2 a、図 2 b に示すように、羽根部 1 2 は、その長手方向中央から基端 1 2 d に向かって厚みが増加し、取付け部 1 1 近傍において、取付け部 1 1 側に進むにしたがって羽根部 1 2 の幅および厚みが減少するように形成されている。

即ち、本実施形態の羽根部 1 2 には、取付け部 1 1 側に進むにしたがって羽根部 1 2 の幅および厚みが減少するように絞られた絞り部 1 3 が形成されている。

取付け部 1 1 には、風車の回転軸に取付けるための 3 つの貫通孔 1 9, 1 9, 1 9 が形成されている。

[0014] 図 3 a、図 3 b および図 4 に示すように、風車用ブレード 1 は、外皮 1 5 を備えている。

羽根部 1 2 と取付け部 1 1 においては、外皮 1 5 の内側に内部空間 S が形成され、羽根部 1 2 の内部空間と取付け部 1 1 の内部空間とがつながって前記内部空間 S が形成されている。

外皮 1 5 は、繊維強化樹脂材によって形成されている。

該繊維強化樹脂材は、樹脂と、該樹脂よりも引張破断強度が高い繊維（強化繊維）とを含み、該繊維からなる基材シートに前記樹脂が含浸されたシートである。

[0015] ここで、外皮 1 5 は、複数の繊維強化樹脂材で形成させても良いが、その場合、少なくとも、1 以上の繊維強化樹脂材は、強化用の繊維がカーボン繊維であることが好ましく、全ての強化用の繊維がカーボン繊維であることが好ましい。斯かる構成により風車用ブレード 1 に優れた強度と軽量性とを発揮させることができる。

なお、繊維強化樹脂材には、複数種類の強化用繊維を含有させてもよい。

また、複数枚の繊維強化樹脂材を重ね合わせて外皮 1 5 を積層構造とする場合、カーボン繊維を強化用の繊維として含有する繊維強化樹脂材と、強化用の繊維がカーボン繊維以外の繊維である繊維強化樹脂材とを重ね合わせてもよい。

このカーボン繊維以外の繊維としては、ガラス繊維、アラミド繊維、ポリビニルアルコール繊維、塩化ビニル繊維、アクリル繊維、ポリエステル繊維、ポリウレタン繊維、ポリエチレン繊維、ポリプロピレン繊維、ポリスチレン繊維、アセテート繊維などを挙げることができる。

[0016] 強化繊維に含浸される樹脂（マトリクス樹脂）としては、熱可塑性樹脂または熱硬化性樹脂のいずれであってもよい。

熱可塑性樹脂としては、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリブタジエン樹脂、スチレンブタジエン樹脂、ポリアセタール樹脂、ポリアミド樹脂、ポリカーボネート樹脂などの熱可塑性樹脂を挙げることができる。

熱硬化性樹脂としては、不飽和ポリエステル樹脂、アクリル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂、ウレタン樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂などを挙げることができる。

なお、本実施形態では、その一例として熱硬化性樹脂を用いている。

[0017] 取付け部 11 の外皮 15 で囲われた内部空間 S には、芯体 18 が配置されており、芯体 18 は、外皮 15 の繊維強化樹脂材よりも引張強度の高い繊維強化樹脂材からなる。

即ち、芯体 18 を構成する繊維強化樹脂材は、外皮 15 を構成する繊維強化樹脂材よりも繊維の質量割合が高いか、繊維自体の引張強度が高いか、或いは、繊維に含浸させた合成樹脂の引張強度が高いかのいずれかである。

[0018] このように、取付け部 11 に、外皮の繊維強化樹脂材よりも引張強度の高い繊維強化樹脂材からなる芯体 18 を配置することにより、取付け部 11 の取付け強度を高めることができる。

[0019] 2. 芯材の構造

前記羽根部 12 における外皮 15 の内部空間 S には、芯材 16 が配置されている。

芯材 16 は、取付け部 11 から前記羽根部の先端まで羽根部 12 の幅方向中央部を通して延びる棒状の桁体と、該桁体の両脇に配された棒状の発泡体

とを備えている。

即ち、本実施形態の芯材 1 6 は、3 本の棒状体が互いに接して横並びとなったものである。

前記桁体は、当該桁体よりも一回り細い桁芯 1 6 a と、該桁芯 1 6 a を覆う桁外皮 1 6 b とを備えている。

より具体的には、外皮 1 5 は、羽根部 1 2 の厚み方向に対向する 2 つの内壁面 1 2 a, 1 2 a を有する。

前記桁体は、両方の内壁面 1 2 a, 1 2 a に接し、内壁面 1 2 a, 1 2 a 同士を繋いでいる（図 3 b 参照）。

前記桁体は、羽根部 1 2 の先端 1 2 c から羽根部 1 2 の基端 1 2 d まで、羽根部 1 2 の長手方向に沿って配置されている（図 4 参照）。

該桁体とともに芯材 1 6 を構成する前記発泡体 1 6 c は、前記内部空間 S の桁体以外の空間に充填されており、外皮 1 5 の内壁面 1 2 a, 1 2 a に接着している。

取付け部 1 1 の前記芯体 1 8 は、桁体と当接している。前記芯体 1 8 と桁体とはブレード 1 の長手方向に沿って連続して配置されている。

[0020] ここで、前記桁芯 1 6 a は、樹脂発泡体で形成されており、前記桁外皮 1 6 b の形成には、ブレード 1 の外皮 1 5 と同じか又は異なる繊維強化樹脂材が用いられている。

該桁外皮 1 6 b は、外皮 1 5 よりも繊維の密度（質量割合）が高い繊維強化樹脂材で形成されていることが好ましい。

桁芯 1 6 a を構成する発泡樹脂としては、硬質発泡体が好ましく、硬質発泡体としては、例えば、アクリル樹脂発泡体、ポリウレタン樹脂発泡体、ポリスチレン樹脂発泡体、フェノール樹脂発泡体、ポリ塩化ビニル樹脂発泡体などを挙げることができる。

本実施形態の桁芯 1 6 a は、アクリル樹脂発泡体で形成されている。

[0021] 前記桁体とともに芯材 1 6 を形成する前記発泡体 1 6 c は、アクリル樹脂発泡体である。

即ち、本実施形態の芯材 16 は、一部が繊維強化樹脂材（桁外皮）で形成され、残部がアクリル樹脂発泡体で形成されている。

前記発泡体 16 c 及び前記桁芯 16 a は、図 3 b に示すように外皮 15 の内壁面と接している。

前記桁芯 16 a 及び前記発泡体 16 c は、5 MPa 以上の曲げ弾性率を有する。

即ち、本実施形態のブレード 1 は、外皮 15 と芯材 16 とが一体化されている。

このことにより本実施形態のブレード 1 は、優れた強度を発揮する。

なお、桁芯 16 a や発泡体 16 c の曲げ弾性率は、JIS K 7221-1 記載の方法に準拠して算出することができる。

具体的には、曲げ弾性率は、桁芯 16 a や発泡体 16 c から縦 25 mm × 横 130 mm × 厚み 20 mm の直方体形状の試験片を切り出し、この試験片を温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の環境下に 16 時間以上に亘って保持した後、温度 $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 5\%$ の環境下にて測定され得る。

その際、支持点間隔は 100 mm、試験速度は 10 mm/分、試験治具先端は 5 R（曲率半径 5 mm）とする。

測定には、オリエンテック社からテンシロン万能試験機（商品名「UCT-10T」）として市販されている試験機を用いることができる。

データ処理ソフトとしては、例えば、ソフトブレーン社から商品名「UTPS-237S」として市販されているものを用いることができる。

[0022] アクリル樹脂発泡体は、製造方法などによっては曲げ弾性率が等方性を示さない場合がある。

その場合、前記芯材 16 を形成する前記桁芯 16 a や前記発泡体 16 c を形成するアクリル樹脂発泡体は、少なくとも一方向において 5 MPa 以上の曲げ弾性率が発揮されればよい。

前記アクリル樹脂発泡体は、前記ブレードが風を受けて撓む方向（ブレー

ド1の長手方向)での曲げ弾性率が5MPa以上であることが好ましい。

即ち、前記試験片を、横方向がブレード1の長手方向となるように採取して求められる曲げ弾性率が5MPa以上であることが好ましい。

また、前記アクリル樹脂発泡体は、ブレードが撓む方向と直交する方向(ブレード1の幅方向)においても曲げ弾性率が5MPa以上であることが好ましい。

そして、アクリル樹脂発泡体は、全ての方向における曲げ弾性率が5MPa以上であることが好ましい。

なお、アクリル樹脂発泡体の曲げ弾性率の上限値は、通常、200MPaである。

本実施形態におけるアクリル樹脂発泡体の曲げ弾性率は、より好ましくは10MPa以上150MPa以下であり、特に好ましくは10MPa以上130MPa以下である。

[0023] 本実施形態に係る前記桁芯16aや前記発泡体16cを形成するアクリル樹脂発泡体は、風車用ブレードの軽量化を図る上において見掛け密度が低いことが好ましい。

具体的には、前記アクリル樹脂発泡体の見掛け密度は、 0.35 g/cm^3 未満であることが好ましく、 0.25 g/cm^3 未満であることがより好ましい。

一方で本実施形態に係る前記アクリル樹脂発泡体は、風車用ブレードの高強度化を図る上において見掛け密度が高いことが好ましい。

具体的には、前記アクリル樹脂発泡体の見掛け密度は、 0.04 g/cm^3 を超えることが好ましい。

[0024] なお、見掛け密度は、以下の方法で測定することができる。

すなわち、見掛け密度は、前記桁芯16aや前記発泡体16cを出来るだけ気泡形状などが変わらないように切断して長さ25mm×幅25mm×厚み25mmの立方体形状の試験片を切り出し、該試験片をJIS K7100:1999の記号23/50、2級環境下で16時間状態調節した後、該

試験片の寸法、質量を測定し、次式により求めることができる。

なお、試験片の寸法測定には、例えば、Mitutoyo Corporation製「DIGIMATIC」CD-15タイプを用いることができる。

見掛け密度 (g/cm^3) = $10^3 \times$ 試験片質量 (g) / 試験片体積 (mm^3)

[0025] 該見掛け密度 ($D: \text{g}/\text{cm}^3$) に対する前記曲げ弾性率 ($E: \text{MPa}$) の比率 (E/D) については、芯材16が軽量でありながら優れた強度を有することを示す指標として扱うことができる。

なお、以下においては、該指標を「比強度」などとも称する。

前記芯材16の比強度は、200以上であることが好ましく、250以上であることがより好ましく、350以上であることが特に好ましい。

なお、芯材16は、比強度に優れていることが好ましいものではあるが、過度に高い比強度を有する必要性はない。

また、比強度において特に優れた芯材11を得ようとする、アクリル樹脂発泡体を作製する際に特殊なモノマーを出発原料としたり、特殊な製造設備を用いたりする必要性が生じるおそれがある。

そのため、芯材16を製造容易なものとする上において、当該芯材16の比強度は、2000以下であることが好ましく、1500以下であることがより好ましく、1200以下であることが特に好ましい。

[0026] 前記発泡体16cは、当該発泡体16cよりも大きなアクリル樹脂発泡体が切削加工されて作製されたものであることが好ましい。

アクリル樹脂発泡体は、通常、型内成形によって作製された状態においては、表面全体が気泡膜で覆われた状態になっている。

一方で、このようなアクリル樹脂発泡体を切削加工すると切削面において多数の気泡が開口した状態となる。

前記発泡体16cの表面は、気泡が開口していることで、外皮15と接着

させるのに際して優れたアンカー効果を発揮する。

即ち、前記発泡体 16 c は、例えば、前記外皮 15 を形成している繊維強化樹脂材のマトリックス樹脂の接着力を利用して外皮 15 と接着させるのに際し、表面に開口した気泡中に前記マトリックス樹脂を流入させることができ、外皮 15 との間に優れた接着性が発揮され得る。

なお、このようなアンカー効果が発現することについては、繊維強化樹脂材のマトリックス樹脂を利用せずに発泡体 16 c と外皮 15 とを一般的な接着剤で接着させる際にも発揮され得るものである。

[0027] 前記発泡体 16 c を形成するアクリル樹脂発泡体は、平均気泡径が小さく、緻密な発泡状態である方が、前記発泡体 16 c に優れた強度を発揮させる上において有利である。

一方で、前記発泡体 16 c の平均気泡径が過度に小さいとマトリックス樹脂や接着剤が表面に開口した気泡中に流入しにくくなり、前記アンカー効果が十分に発揮されなくなるおそれがある。

そのようなことから前記発泡体 16 c は、平均気泡径が一定以上の大きさであることが好ましい。

具体的には、前記発泡体 16 c の平均気泡径は、0.7 mm を超え 1.5 mm 未満であることが好ましい。

[0028] 或いは、前記発泡体 16 c は、平均気泡径が小さく、且つ、ある程度以上の割合で粗大な気泡を含有していることが好ましい。

具体的には、前記発泡体 16 c は、平均気泡径が 0.1 mm 以上、0.7 mm 以下で、且つ、前記平均気泡径を「 D (mm)」とした際に「 $2\pi D^2$ (mm²)」以上の開口面積を有する粗大気泡が表面に 0.01 個/cm² 以上 1 個/cm² 以下の割合で存在していることが好ましい。

[0029] なお、発泡体 16 c の平均気泡径は、以下のようにして算出することができる。

すなわち、発泡体 16 c を出来るだけ気泡形状などが変わらないように切断して長さ 25 mm × 幅 25 mm × 厚み 25 mm の立方体形状の試験片を切

り出し、この直方体形状の試験片の8つの角の中から無作為に1つの角を選択し、この角を構成している3つの面における平均気泡径を求め、この3つの面の平均気泡径を算術平均することによって発泡体16cの平均気泡径を求めることができる。

なお、各面の平均気泡径については以下のようにして求めることができる。

まず、各面の中央部を走査型電子顕微鏡（日立製作所製「S-3000N」）を用いて18倍に拡大して撮影し、撮影した切断面の画像をA4用紙上に印刷する。

次に、各用紙につき任意の線分（長さ60mm）を6箇所につき引き、この線分に重なる気泡の数から、各線分ごとの平均弦長を次式によって算出する。

ただし、線分は、できる限り気泡が接点のみで接しないように引き、気泡と接点のみで接してしまった場合には、気泡数に含めることとする。

$$\text{平均弦長 (t)} = \text{線分の長さ} / (\text{気泡数} \times \text{写真の倍率})$$

そして、次式により気泡径 D_L を算出する。

$$D_L = t / 0.616$$

そして、各線分ごとに求めた気泡径（ D_L ）の算術平均値を求め、この算術平均値を各面の平均気泡径とする。

[0030] また、前記粗大気泡の割合については、発泡体16cの表面に一辺10cmの正方形の領域を無作為に設定し、この領域内に観察される粗大気泡の数を該領域の面積（100cm²）で除して求めることができる。

[0031] さらに、前記発泡体16cは、強度面から独立気泡率が高いことが好ましい。

一方で発泡体16cは、過度に独立気泡率が高いと表面に開口している気

泡内にマトリックス樹脂や接着剤を流入させようとしても当該気泡内の空気の逃げ場が少なくマトリックス樹脂や接着剤が気泡内に流入し難くなる。

従って、前記発泡体 16 c は、ある程度の連続気泡率を有することが好ましい。

具体的には、前記発泡体 16 c の連続気泡率は、50%未満であることが好ましく、45%未満であることがより好ましく、40%未満であることが特に好ましい。

[0032] 前記発泡体 16 c の連続気泡率は、ASTM D-2856-87 に準拠して 1-1/2-1 気圧法にて測定することができる。

[0033] 本実施形態の発泡体 16 c は、図 3 b に示されているように風車用ブレード 1 の幅方向両端部において厚みが薄くなっている。

そのため、発泡体 16 c は、連続気泡を適度な割合（例えば、10%以上）で備えるとともに粗大気泡を適度な割合で備えることによって、マトリックス樹脂や接着剤を表面から浸透させ易い状態となって優れたアンカー効果を発揮するばかりでなく、薄肉部の補強効果においても優れたものとなる。

また、発泡体 16 c は、例えば、図 3 b 正面視左端のように薄肉となった部位において、前記連続気泡や前記粗大気泡によって発泡体 16 c を厚み方向に貫通する貫通孔を形成させることができる。

その場合、前記部位の一面側（図 3 b 上側）に接着されている外皮と他面側（図 3 b 下側）に接着されている外皮とを前記貫通孔に流入させたマトリックス樹脂や接着剤によって連結することができ、風車用ブレード 1 に高い強度を付与することができる。

[0034] 発泡体 16 c に上記のような好ましい特性を付与することが容易となる点において、当該発泡体 16 c を形成するアクリル樹脂は、アクリル系モノマーと芳香族ビニルモノマーとの共重合体であることが好ましい。

前記アクリル系モノマーとしては、例えば、（メタ）アクリル酸、（メタ）アクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸エチル、（メタ）アクリル酸ブチル、（メタ）アクリル酸ラウリル、（メタ）アクリル酸 2-エチルヘキシル

、（メタ）アクリル酸シクロヘキシル、（メタ）アクリルアミド、（メタ）アクリル酸ベンジル、無水マレイン酸、マレイン酸、フマル酸、イタコン酸、無水イタコン酸、クロトン酸、マレイン酸アミド、マレイン酸イミドなどが挙げられる。

前記芳香族ビニルモノマーとしては、例えば、スチレン、メチルスチレンなどが挙げられる。

[0035] なかでも、アクリル樹脂は、メタクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸、及び、スチレンをモノマー単位として含み、任意に無水マレイン酸、及び、メタクリルアミドの一方又は両方を前記モノマー単位として含み、且つ、該モノマー単位を下記（A）～（E）に示す質量割合で含むことが好ましい。

なお、アクリル樹脂は、メタクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸、スチレン、無水マレイン酸、及び、メタクリルアミド以外のモノマー単位の割合が、10質量%以下であることが好ましく、5質量%以下であることがより好ましく、1質量%以下であることが特に好ましい。

（A）メタクリル酸メチル：35～70質量%

（B）（メタ）アクリル酸：14～45質量%

（C）スチレン：10～20質量%

（D）無水マレイン酸：0～10質量%

（E）メタクリルアミド：0～10質量%

[0036] 前記発泡体16cは、例えば、前記モノマーを前記のような割合で含む重合性溶液を重合開始剤で重合させて得られた重合体を発泡剤で発泡させたアクリル樹脂発泡体とすることができる。

なお、本明細書中における「（メタ）アクリル」との用語は、「アクリル」と「メタクリル」との両方を兼ねた意味として用いている。

従って、「（メタ）アクリル酸：14～45質量%」との要件には、「アクリル酸とメタクリル酸との両方を含み合計含有量が14～45質量%であ

る場合」、「メタクリル酸を含まず、アクリル酸の含有量が14～45質量％である場合」、及び、「アクリル酸を含まず、メタクリル酸の含有量が14～45質量％である場合」の3つの場合が含まれる。

[0037] 前記重合開始剤としては、例えば、 t -ブチルヒドロパーオキサイドなどのレドックス系重合開始剤が挙げられる。

前記発泡剤としては、例えば、尿素などの熱分解型発泡剤が挙げられる。

また、アクリル樹脂発泡体の形成には、可塑剤、脱水剤、還元剤などを前記重合性溶液に適宜含有させうる。

前記発泡体16cは、上記のようなモノマー単位を含むことでアクリル樹脂自体を高強度なものにすることができるだけでなく当該アクリル樹脂を緻密な発泡状態とすることが容易となる。

また、前記発泡体16cは、前記重合体を形成させるための重合性溶液に前記モノマー以外に水分を0.5～2質量％含有させることで前記重合体を発泡させる際に連続気泡や粗大気泡を適度な割合で形成させ得る。

[0038] 本実施形態の発泡体16cは、上記のような成分を含むことによって、見掛け密度が十分小さくなるような高い発泡倍率で発泡された場合でも高い曲げ弾性率を示す。

また、本実施形態の発泡体16cは、上記のような成分を含むことによって、平均気泡径、粗大気泡の割合、連続気泡率などの諸特性が調整容易である。

[0039] このような発泡体16cとともに前記桁体を羽根部12の内部空間Sに配することにより、ブレード1は、その長手方向の剛性を高めることができるとともに軽量化を図ることができる。

さらに、桁芯16aの表面を桁外皮16bで覆うことにより、桁体を内部空間Sのより正確な位置に固定できるとともに、桁体の曲げ剛性を高めることができる。

さらに、取付け部11の芯体18と桁体とを、ブレード1の長手方向に沿って連続して配置することにより、ブレード1の長手方向の剛性を高めるこ

とができる。

[0040] 3. 外皮の構造

図5に示すように、外皮15は、外皮15の厚み方向に、繊維強化樹脂材からなる3層（複数）の積層構造を有する。

前記取付け部11及び前記羽根部12では、前記外皮が複数の前記繊維強化樹脂材による積層構造を有し、該外皮の厚み方向に複数の繊維強化樹脂層が備えられている。

繊維強化樹脂材は、強化繊維を短繊維の状態を含むものであってもよいが、連続繊維が織成されてなるシートとして強化繊維を含んでいることが好ましい。

該強化繊維からなるシートは、例えば、前記連続繊維からなる平織物、綾織物、縐子織物などとすることができる。

本実施形態のブレード1は、表側から順に第1繊維強化樹脂層15A、第2繊維強化樹脂層15B、及び、第3繊維強化樹脂層15Cの順となるように積層された3層構造の外皮15を備えている。

羽根部12の外壁面12b側に位置する第1繊維強化樹脂層15Aは、最も繊維密度の低い繊維シートに熱硬化性樹脂を含浸させたものである。

第1繊維強化樹脂層15Aよりも内壁面12a側に位置し、前記第1繊維強化樹脂層15Aに内側から接する第2繊維強化樹脂層15B、及び、該第2繊維強化樹脂層15Bに内側から接する第3繊維強化樹脂層15Cは、第1繊維強化樹脂層Aよりも繊維密度の高い繊維シートに、上述した熱硬化性樹脂を含浸させたものである。

即ち、第1繊維強化樹脂層15Aにおける繊維の質量割合は、第2繊維強化樹脂層15B、及び、第3繊維強化樹脂層15Cの繊維の質量割合よりも低いものになっている。

言い換えると、前記羽根部及び前記取付け部における外皮の最も内壁面側の第3繊維強化樹脂層15Cの繊維の密度は、外壁面側の第1繊維強化樹脂層15Aの繊維の密度に比べて高い。

ここで本明細書中における“繊維の質量割合”とは、“繊維強化樹脂層の単位体積あたりに含まれる繊維の質量”を意味する。

[0041] 一般的にマトリクス樹脂よりも強化用の繊維の方が密度が高い。

そこで繊維強化樹脂層 15 A, 15 B, 15 C が、繊維の割合に関して上記のような関係を有することで、ブレード 1 の軸線から離れた位置の繊維強化樹脂層（外壁面側の層）15 A を、軸線により近い位置の繊維強化樹脂層（内壁面側の層）15 B, 15 C よりも軽量化することができる。

これにより、ブレード 1 の回転時の振動を低減することができる。

なお、同様の理由などから前記桁外皮 16 b は、前記外皮の内壁面側の第 3 繊維強化樹脂層 15 C よりも繊維の質量割合が高い繊維強化樹脂材で形成されていることが好ましい。

また、前記桁外皮 16 b は、桁体を高強度なものとする上においても繊維の質量割合が大きいことが好ましい。

[0042] 上記のような繊維の質量割合についての関係を繊維強化樹脂層の間に発揮させるには、単に各層の繊維の質量割合を異ならせるだけでなく、繊維の素材を異ならせてもよい。

本実施形態においては、第 1 繊維強化樹脂層 15 A、第 2 繊維強化樹脂層 15 B、及び、第 3 繊維強化樹脂層 15 C の全ての繊維強化樹脂材を、強化繊維としてカーボン繊維を含むものとすることができる。

また、本実施形態においては、第 1 繊維強化樹脂層 15 A、第 2 繊維強化樹脂層 15 B、及び、第 3 繊維強化樹脂層 15 C の内の何れか一つ又は二つをカーボン繊維以外の強化繊維が用いられた繊維強化樹脂材によって形成させ得る。

例えば、本実施形態では、強化繊維としてカーボン繊維が用いられた繊維強化樹脂材（CFRP）で第 1 繊維強化樹脂層 15 A を形成させ、第 2 繊維強化樹脂層 15 B、第 3 繊維強化樹脂層 15 C をガラス繊維が用いられた繊維強化樹脂材（GFRP）とすることができる。

なお、一般にガラス繊維強化樹脂材（GFRP）の方がカーボン繊維強化

樹脂材（CFRP）に比べて密度が高い。

そのため、前記ブレード１の外皮１５は、GFRPをCFRPよりも内側に配する方が風車の回転に必要なエネルギーを軽減する上において有利となる。

また、同じ理由から、前記ブレード１の外皮１５は、羽根部１２の基端１２ｄからのGFRPの長さをCFRPよりも短くすることが好ましい。

なお、外皮１５の外壁面１２ｂには、樹脂等の塗装層（図示せず）がさらに形成されている。

[0043] ところで、羽根部１２の絞り部１３には、回転時にブレード１の長手方向に沿って曲げ応力が発生する。

このような場合、外皮１５の内壁面側に比べて外壁面１２ｂ側の方が大きい力が加わるため、通常ならば外壁面側の強度を高めるように補強することが効率的である。

しかしながら、このような補強をすると、外皮の外壁面側が重くなる方向に質量が変化する。

そこで、本実施形態では、以下に示す補強材１７を設けている。

[0044] ４．補強材の構造

前記補強材１７は、本実施形態においては、該絞り部１３と前記取付け部１１との接続部を補強するために設けられている。

前記補強材１７は、前記外皮１５の内壁面側の第３繊維強化樹脂層１５Ｃよりも繊維の質量割合が大きい繊維強化樹脂材で形成され、且つ、前記絞り部１３から前記取付け部１１にまたがるように前記外皮１５の内壁面に接着されている。

具体的には、補強材１７は、織物状の強化繊維シートに外皮１５のマトリクス樹脂と同じ熱硬化性樹脂が含浸されている。

[0045] このように、羽根部１２の外皮１５の内壁面１２ａと取付け部１１の外皮１５の内壁面１１ａとに亘って、繊維強化樹脂材からなる補強材１７を設けることにより、ブレード１を使用した際に、絞り部１３に応力集中が発生し

たとしても、補強材 17 によりブレード 1 の強度を確保することができる。

さらに、ブレード 1 は、外皮 15 の内壁面 11a, 12a に補強材 17 を設けたので回転時の振動が発生し難い。

[0046] さらに、絞り部 13 を形成する外皮 15 の内壁面 12a 側には、所望の強度に応じた厚みの補強材 17 を形成することができる。

また、補強材 17 は、外皮 15 よりも繊維の質量割合が高いので、より少ない層厚みで絞り部 13 を補強することができる。

[0047] ここで、補強材 17 は、4 つ（複数）の補強用繊維強化樹脂材層 17A, 17B, 17C, 17D が羽根部 12 における外皮 15 の内壁面 12a と取付け部 11 における外皮 15 の内壁面 11a とを覆うように外皮 15 の厚み方向に積層された積層構造を有する。

[0048] 4 つの補強用繊維強化樹脂材層 17A, 17B, 17C, 17D は、各補強用繊維強化樹脂材層の羽根部 12 の先端側の端部の位置を、補強材 17 の厚み方向に向けて羽根部 12 の先端 12c 側から羽根部 12 の基端 12d 側に順次ずらすように、積層されていることが好ましい。

即ち、前記補強材は、各補強用繊維強化樹脂層の羽根部の先端側の端部の位置が、前記外皮の内壁面に向かうにしたがって前記取付け部側に後退しているか、或いは、各補強用繊維強化樹脂層の羽根部の先端側の端部の位置が、前記外皮の内壁面から離れるにしたがって前記取付け部側に後退していることが好ましい。

[0049] 本実施形態における 4 つの補強用繊維強化樹脂材層 17A, 17B, 17C, 17D は、羽根部 12 の外皮 15 の内壁面 12a に向かって進むに従って、各補強用繊維強化樹脂材層の羽根部 12 の先端 12c 側の端部の位置を、羽根部 12 の先端 12c 側から羽根部の基端 12d 側に順次（17D～17A の順に）ずらすように、積層されている。

[0050] 本実施形態では、4 つの補強用繊維強化樹脂材層 17A, 17B, 17C, 17D を、羽根部 12 の先端 12c 側から羽根部 12 の基端 12d 側に順次ずらすように、積層したので、羽根部 12 の先端 12c 側の補強材 17 の

厚みは、羽根部 1 2 の基端 1 2 d 側の補強材 1 7 の厚みよりも薄い。

これにより、補強材 1 7 を設けることによるブレード 1 の重心位置を羽根部 1 2 の基端側に位置させることができ、回転時にブレード（羽根部の絞り部 1 3）に作用する遠心力を低減することができる。

[0051] 特に、本実施形態のブレード 1 は、その軸線から離れた位置に、より面積の大きい補強用繊維強化樹脂材層が配置されることになるため、回転時の振動を低減することができる。

特に、後述する図 7 に示すように、製造時に桁体を配置する際には、補強材 1 7 と桁体（芯材 1 6）との接触面積をより大きくすることができ、内部空間 S に桁体を安定して固定することができる。

[0052] 5. 風車用ブレードの製造方法

以下に風車用ブレード 1 の製造方法を説明する。

図 6 は、製造時において、半割状態の外皮の内壁面に補強材を配置した状態を説明するための模式的斜視図である。

図 7 は、製造時において、補強材上に桁材の桁体を配置した状態を説明するための模式的斜視図である。

[0053] 図 8 は、製造時において、桁芯 1 6 a の表面に繊維強化樹脂材（桁外皮 1 6 b）を被覆した状態を説明するための模式的斜視図である。

図 9 は、桁体とともに芯材 1 6 を形成する発泡体 1 6 c をさらに配した状態を説明するための模式的斜視図である。

図 10 は、半割状態の外皮同士を貼り合わせて、風車用ブレードを作製する前の状態を示した模式的斜視図である。

[0054] 本実施形態では、風車用ブレード 1 の作製に先立って発泡体 1 6 c の形成材料となるアクリル樹脂発泡体を作製する。

ここでは、まず、アクリル系モノマー、重合開始剤、発泡剤（尿素）、還元剤などを含む重合性溶液を調製する。

より具体的には、メタクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸、及び、スチレンを含み、必要に応じて、無水マレイン酸とメタクリルアミドとの一方又

は両方を含み、全てのモノマーに占める各モノマーの割合が下記（A）～（E）となり、下記（A）～（E）以外の重合性モノマーが実質的に含有されていない（例えば、1質量%未満）の重合性溶液を調製する。

（A）メタクリル酸メチル：35～70質量%

（B）（メタ）アクリル酸：14～45質量%

（C）スチレン：10～20質量%

（D）無水マレイン酸：0～10質量%

（E）メタクリルアミド：0～10質量%

[0055] 次いで、尿素の熱分解温度未満の温度で重合性溶液を加熱してモノマーを重合させて重合体を得る。

この重合体を尿素の熱分解温度以上の温度に加熱して発泡させ、アクリル樹脂発泡体を作製する。

このことによりアクリル樹脂発泡体を形成するアクリル樹脂は、（A）～（E）に示したモノマー単位が合計99質量%以上となり、優れた強度を発揮するものとなる。

このとき、発泡前の重合体に、例えば、0.5～2.0質量%程度の水を含有させておいたり、尿素に対する溶解力の高いメタクリル酸の含有量によって尿素の分散状態を調整したりすることでアクリル樹脂発泡体中に粗大気泡を適度に形成させることができる。

そして、前記発泡体16cや前記桁芯16aは、このアクリル樹脂発泡体に切削加工を施して作製することができる。

[0056] この発泡体16cを用いて風車用ブレード1を作製すべく、該ブレード1の形状に応じた一对の成形型21、22を準備する（例えば図10参照）。

まず、一对の成形型の成形面に液状またはゲル状の塗装材を塗布し、成形面に空気が入らないように、ローラで伸ばす。

[0057] 次に、図6に示すように、一方側の成形型21に外皮15を成形し、その後、補強材17を成形する。

本実施形態では、その一例としてハンドレイアップ成形法で外皮 15 および補強材 17 を成形する。

具体的には、第 1 繊維強化樹脂層 15 A を構成する繊維強化樹脂材（図 5 参照）を形成すべく、成形型 21 内に強化繊維シートを配置し、この強化繊維シートにマトリクス樹脂となる熱硬化性樹脂を含浸する。

さらに、その上に、第 2 繊維強化樹脂層 15 B、及び、第 3 繊維強化樹脂層 15 C を形成するための強化繊維シートを配置し、同様に熱硬化性樹脂を含浸する工程を 2 回繰り返す。

他方側の成形型 22 に対しても、同様の作業を行う（後述する図 10 参照）。

[0058] なお、本実施形態では、繊維強化樹脂層を形成させるための熱硬化性樹脂には、常温で硬化する常温硬化タイプの熱硬化性樹脂を用いる。

成形時に樹脂を硬化させるのであれば、特に常温硬化タイプの熱硬化性樹脂を用いず、加熱硬化型の樹脂を用いてもよい。

[0059] さらに、羽根部 12 の外皮 15 の内壁面 12 a と取付け部 11 の外皮 15 の内壁面 11 a の内面に亘って、強化繊維シート（たとえば 580 g/m^2 の繊維密度の平織のガラス繊維シート）を配置し、これに同様の方法で熱硬化性樹脂を含浸する工程を 4 回繰り返す。

この際、羽根部 12 の先端 12 c 側に向かって、織物状の強化繊維シートを順次ずらすように配置する。

このようにして 4 つの補強用繊維強化樹脂材層が積層された補強材 17 を形成させることができる（図 5 参照）。

[0060] なお、本実施形態では、外皮 15 および補強材 17 は、強化繊維シートを一層ずつ敷設するたびに、熱硬化性樹脂を含浸していたが、強化繊維シートに空気が残存し難いのであれば、強化繊維シートを積層後、熱硬化性樹脂を含浸してもよい。

[0061] 次に、図 7 に示すように、羽根部 12 の先端 12 c から羽根部 12 の基端 12 d まで、羽根部 12 の長手方向に沿って、桁芯 16 a を配置する。

取付け部 11 の内部空間に相当する凹部に半割状態の芯体 18 を配置する。

[0062] その後、図 8 に示すように、桁芯 16a を覆うように、強化繊維シートを配置し、熱硬化性樹脂を含浸する工程を 2 回繰り返す。

これにより、繊維強化樹脂材からなる桁外皮 16b が被覆された桁体が作製される。

[0063] そして、桁体以外の羽根部 12 の内部空間 S に前記発泡体 16c を充填する。

最後に、図 9 に示すように、成型型 21, 22 に形成された外皮 15、15 の繋ぎ目部分（エッジ部分）および桁体や発泡体 16c と外皮 15 との接触面、芯体 18 同士が接触する表面に、接着剤を塗布し、成型型 21, 22 同士を向かい合わせて、外皮 15、15 同士を圧着させながら接着する。

これにより、図 1 に示す風車用ブレード 1 が成形される。

[0064] 以上、本発明の実施の形態を詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態及び実施例に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲における設計変更があっても、それらは本発明に含まれるものである。

[0065] 本実施形態では、4 つの補強用繊維強化樹脂材層は、羽根部の外皮の内壁面に進むに従って、各補強用繊維強化樹脂材層の羽根部の先端側の端部の位置を、羽根部の先端側から羽根部の基端側に順次ずらすように、積層されているが、例えば、羽根部の外皮の内壁面に進むに従って、羽根部の基端側から羽根部の先端側に、各繊維強化樹脂材層の端部の位置を順次ずらしてもよい。

[0066] また、本実施形態では、外皮が 3 層であり、補強材の補強用繊維強化樹脂材層は 4 層であったが、本発明の風車用ブレードは、特にこれらの層数及び形状に限定されるものではない。

[0067] また、本実施形態では、桁体を有する風車用ブレードを例示しているが、本発明の風車用ブレードは、桁体が無くてもよい。

即ち、本発明の風車用ブレードは、芯材の一部がアクリル樹脂発泡体で形

成されていても、芯材の全部がアクリル樹脂発泡体で形成されていてもよい。

具体的には、本発明の風車用ブレードは、図 1 1、図 1 2 などに示すようなものであってもよい。

なお、図 1 1、1 2 は、図 3 b に対応した断面図である。

図 1 1 に示すように、本発明の風車用ブレード 1' は、外皮 1 5' の内側に充填するアクリル樹脂発泡体 1 6 c' で芯材 1 6' が形成されていてもよい。

さらに、本発明の風車用ブレードの芯材は、例えば、図 1 2 に示すように、外皮内に充填している必要はない。

即ち、本発明の風車用ブレード 1'' は、羽根部の内部空間 S'' に発泡体などの部材が無い空洞部 1 6 e'' が形成されていても良い。

具体的には、風車用ブレード 1'' は、例えば、アクリル樹脂発泡体で形成された桁芯 1 6 a'' を有する桁体以外の部分を空洞部 1 6 e'' としてもよい。

即ち、図 1 2 に示すように、芯材 1 6'' は、桁体のみであってもよい。

また、本発明は、上記例示以外に、風車用ブレード、繊維強化樹脂材、並びに、アクリル樹脂発泡体に係る従来公知の技術事項を適宜採用可能なものである。

符号の説明

[0068] 1 : 風車用ブレード、1 1 : 取付け部、1 1 a : 取付け部の内壁面、1 9 : 貫通孔、1 2 : 羽根部、1 2 a : 羽根部の内壁面、1 2 b : 羽根部の外壁面、1 2 c : 羽根部の先端、1 2 d : 羽根部の基端、1 3 : 絞り部、1 5 : 外皮、1 6 : 芯材、1 6 a : 桁芯（アクリル樹脂発泡体）、1 6 b : 桁外皮、1 6 c : 発泡体（アクリル樹脂発泡体）、1 7 : 補強材、1 7 A, 1 7 B, 1 7 C, 1 7 D : 補強用繊維強化樹脂材層、S : 内部空間

請求の範囲

- [請求項1] 芯材と、該芯材を覆う外皮とを備え、
 前記外皮がカーボン繊維と樹脂とを含む繊維強化樹脂材で形成され、
 前記芯材は、少なくとも一部がアクリル樹脂発泡体で形成されており、該アクリル樹脂発泡体が5 MPa以上の曲げ弾性率を有する風車用ブレード。
- [請求項2] 前記アクリル樹脂発泡体を形成するアクリル樹脂のモノマー単位は、
 必須成分としてメタクリル酸メチル、（メタ）アクリル酸、及び、スチレンを含み、
 任意成分として無水マレイン酸、及び、メタクリルアミドを含んでおり、
 且つ、前記アクリル樹脂は前記モノマー単位を下記割合（A）～（E）に示す割合で含んでいる請求項1記載の風車用ブレード。
 （A）メタクリル酸メチル：35～70質量％
 （B）（メタ）アクリル酸：14～45質量％
 （C）スチレン：10～20質量％
 （D）無水マレイン酸：0～10質量％
 （E）メタクリルアミド：0～10質量％
- [請求項3] 風車の回転軸に取付けられる取付け部と、該取付け部から延在する羽根部とを備え、
 前記羽根部及び前記取付け部では、前記外皮が積層構造を有し、該外皮の厚み方向に積層された複数の繊維強化樹脂材によって複数の繊維強化樹脂層が備えられており、
 前記羽根部及び前記取付け部における前記外皮は、内壁面側の前記繊維強化樹脂層に含まれる繊維の質量割合が、外壁面側の前記繊維強化樹脂層に含まれる繊維の質量割合に比べて高い請求項1又は2記載

の風車用ブレード。

[請求項4] 前記羽根部には、前記取付け部との境界部において、前記取付け部側に進むに従って当該羽根部の幅および厚みが減少する絞り部が備えられ、

該絞り部と前記取付け部との接続部には、補強材が備えられており、

前記補強材は、前記外皮の内壁面側の前記繊維強化樹脂層よりも繊維の質量割合が高い繊維強化樹脂材で形成され、且つ、前記絞り部から前記取付け部にまたがるように前記外皮の内壁面に接着されている請求項3記載の風車用ブレード。

[請求項5] 前記補強材は、

厚み方向に積層している複数の補強用繊維強化樹脂層を備え、該補強用繊維強化樹脂層が繊維と樹脂とを含む繊維強化樹脂材で形成されており、

且つ、

各補強用繊維強化樹脂層の羽根部の先端側の端部の位置が、前記外皮の内壁面に向かうにしたがって前記取付け部側に後退している請求項4記載の風車用ブレード。

[請求項6] 前記補強材は、

厚み方向に積層している複数の補強用繊維強化樹脂層を備え、該補強用繊維強化樹脂層が繊維と樹脂とを含む繊維強化樹脂材で形成されており、

且つ、

各補強用繊維強化樹脂層の羽根部の先端側の端部の位置が、前記外皮の内壁面から離れるにしたがって前記取付け部側に後退している請求項4記載の風車用ブレード。

[請求項7] 前記芯材には、前記取付け部から前記羽根部の先端に向かって延びる棒状の桁体が備えられ、

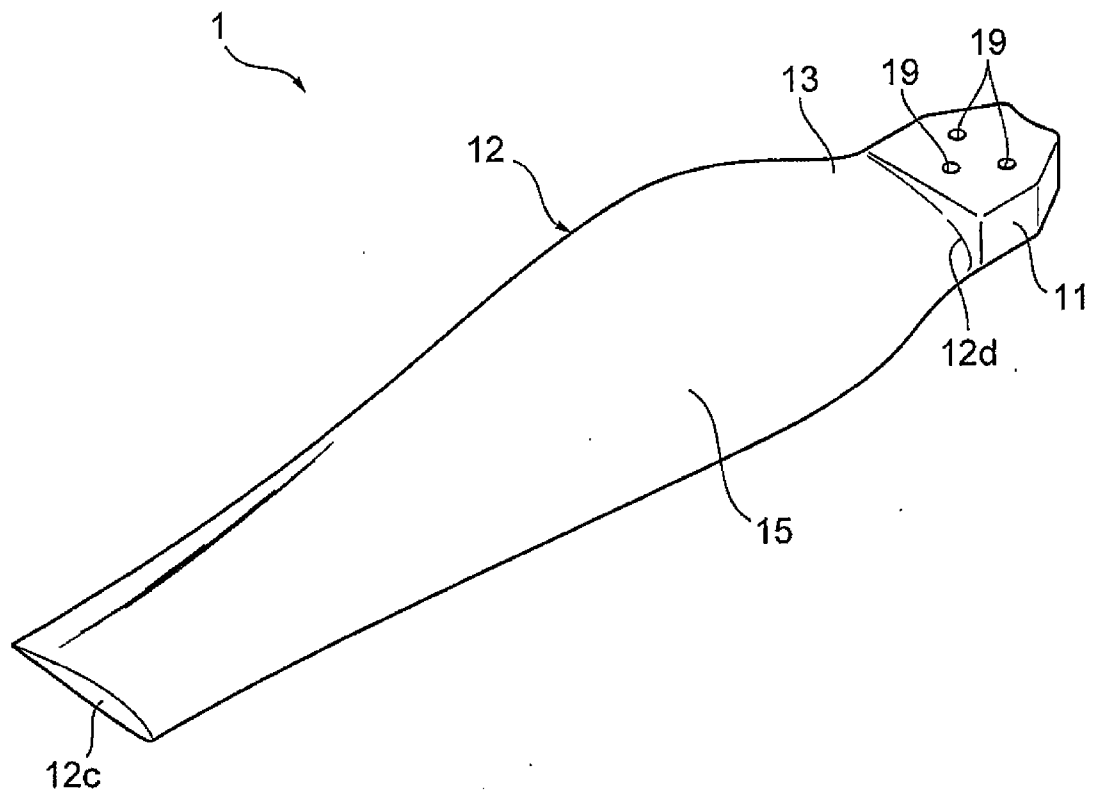
前記羽根部は、前記外皮で囲まれた内部空間の内、前記桁体が占める空間以外の空間に前記アクリル樹脂発泡体が配されており、

前記桁体は、該桁体よりも細い桁芯と、該桁芯を覆う桁外皮とを備え、

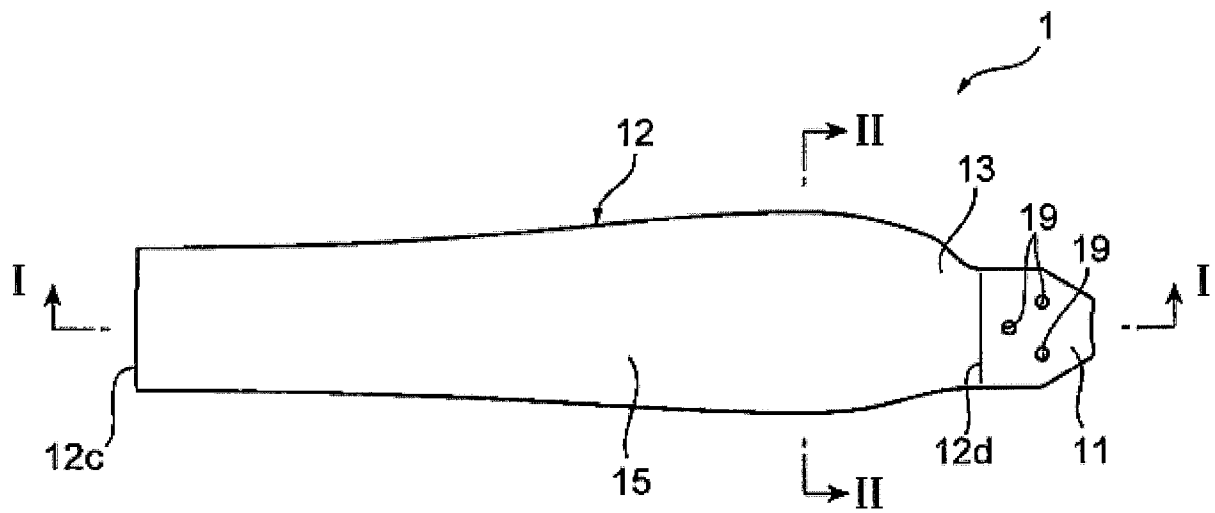
前記桁外皮は、前記外皮の内壁面側の繊維強化樹脂層よりも繊維の質量割合が高い繊維強化樹脂材で形成されている請求項 3 乃至 6 の何れか 1 項に記載の風車用ブレード。

[請求項 8] 前記桁芯が 5 MPa 以上の曲げ弾性率を有するアクリル樹脂発泡体で形成されている請求項 7 記載の風車用ブレード。

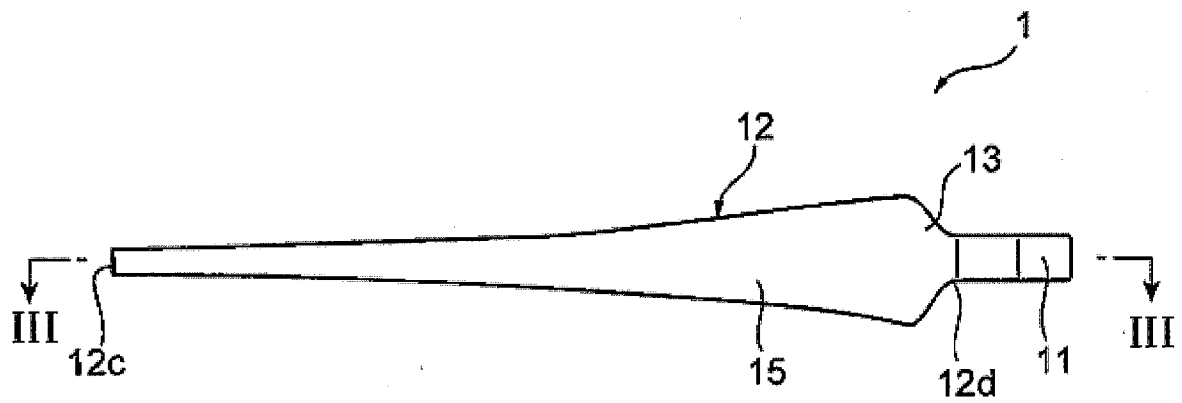
[図1]



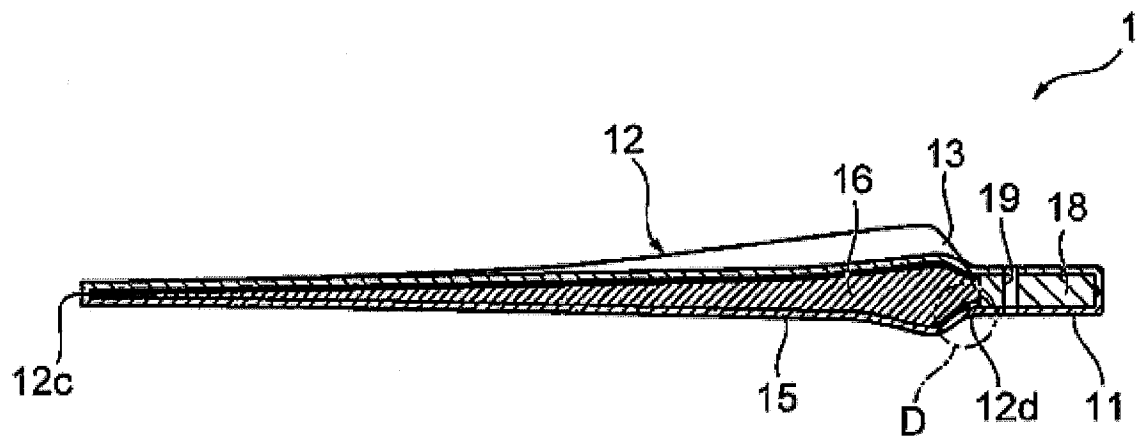
[図2a]



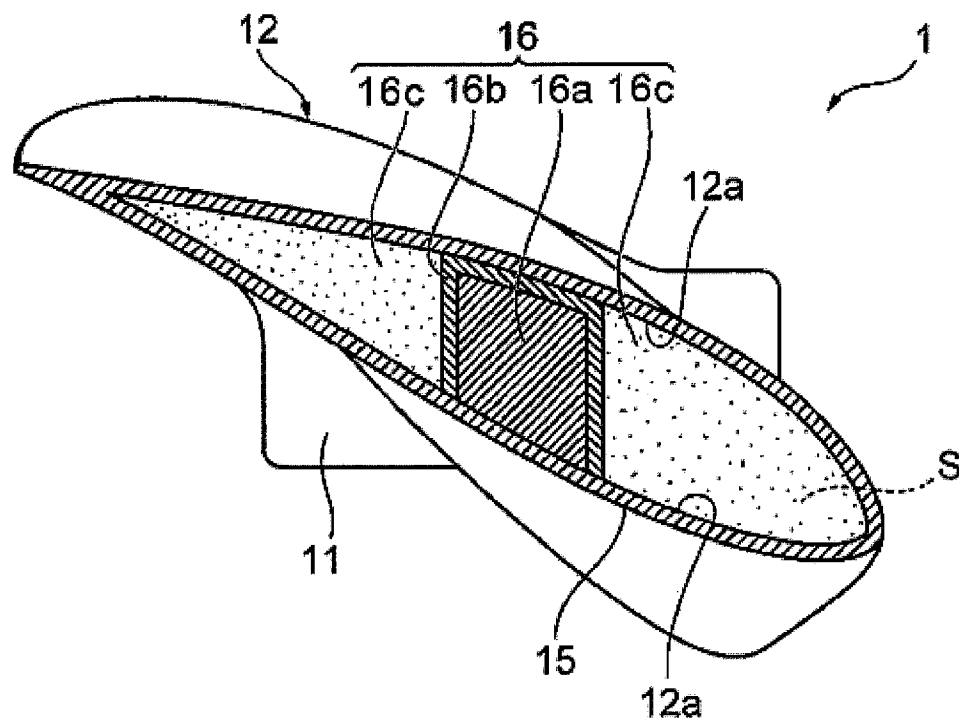
[図2b]



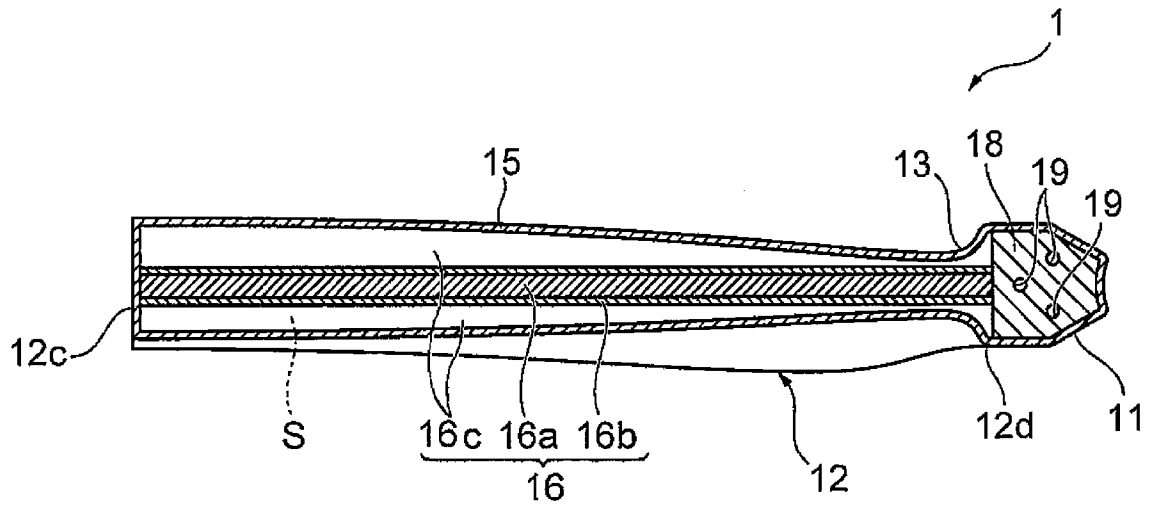
[図3a]



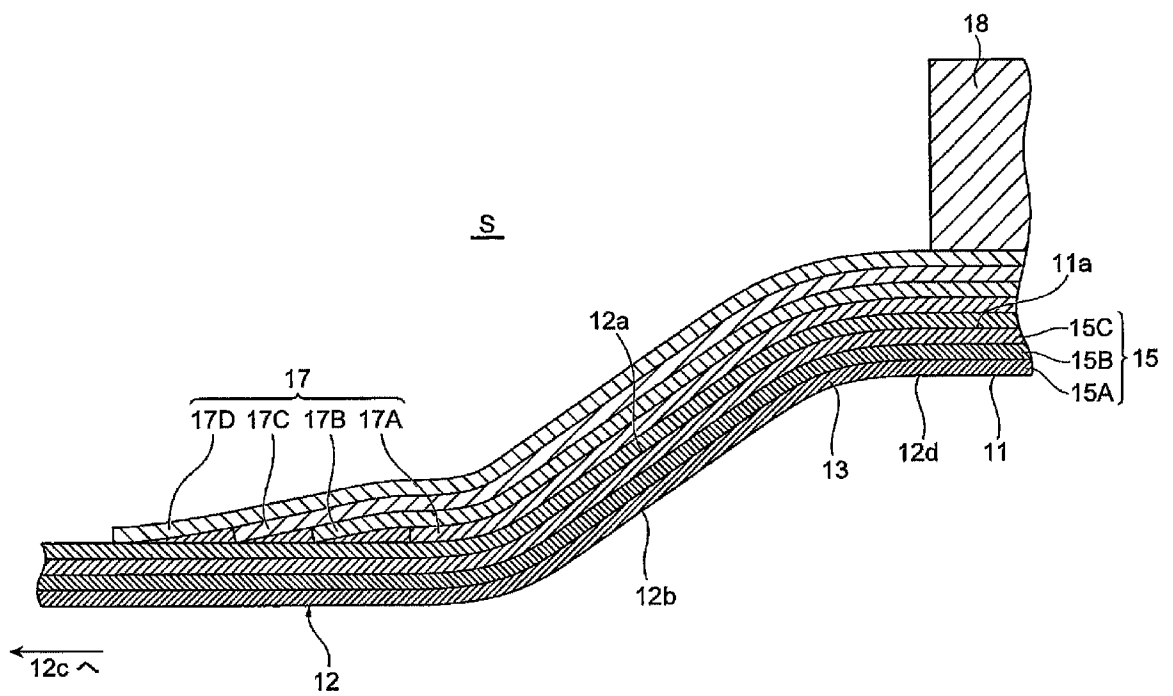
[図3b]



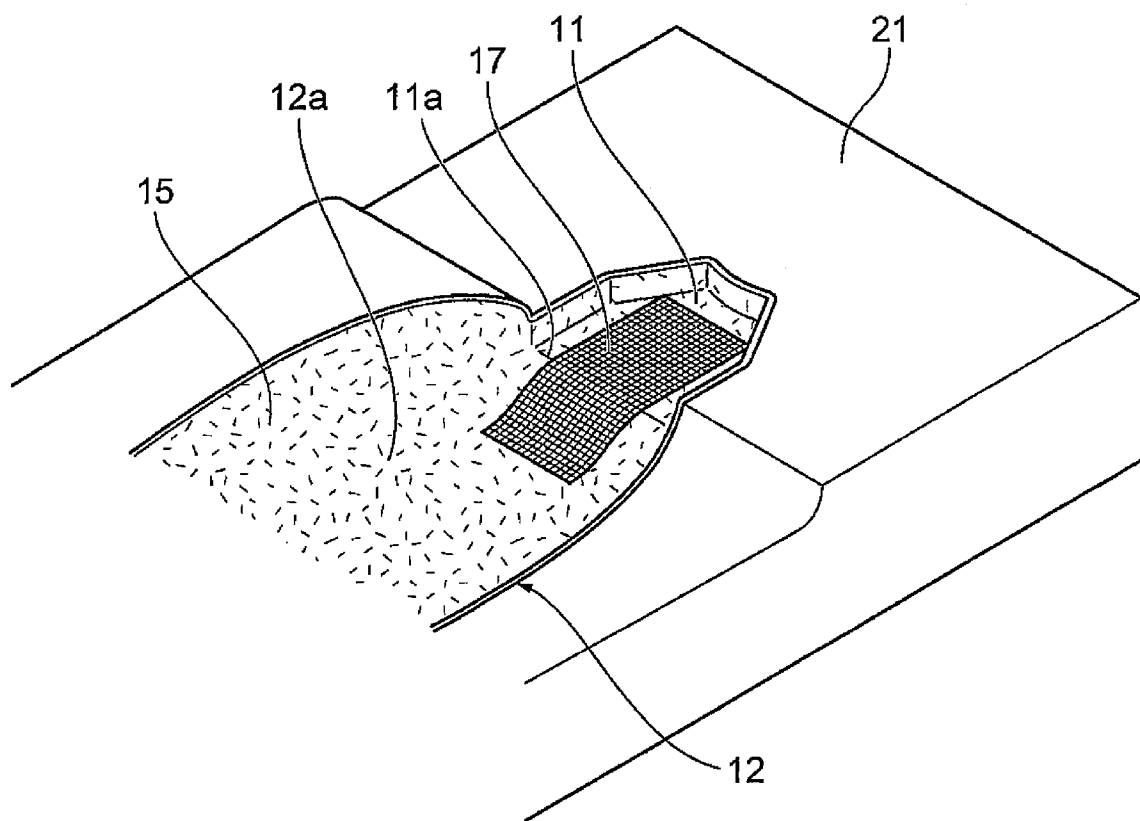
[図4]



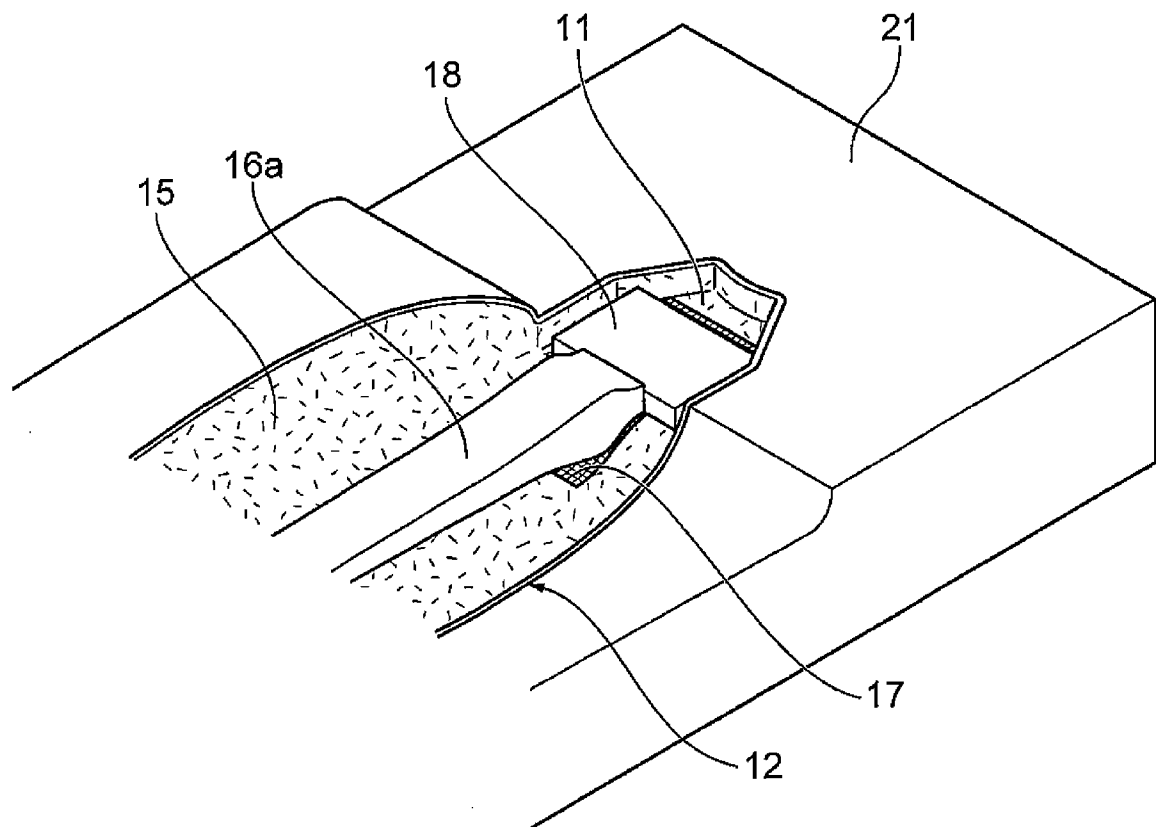
[図5]



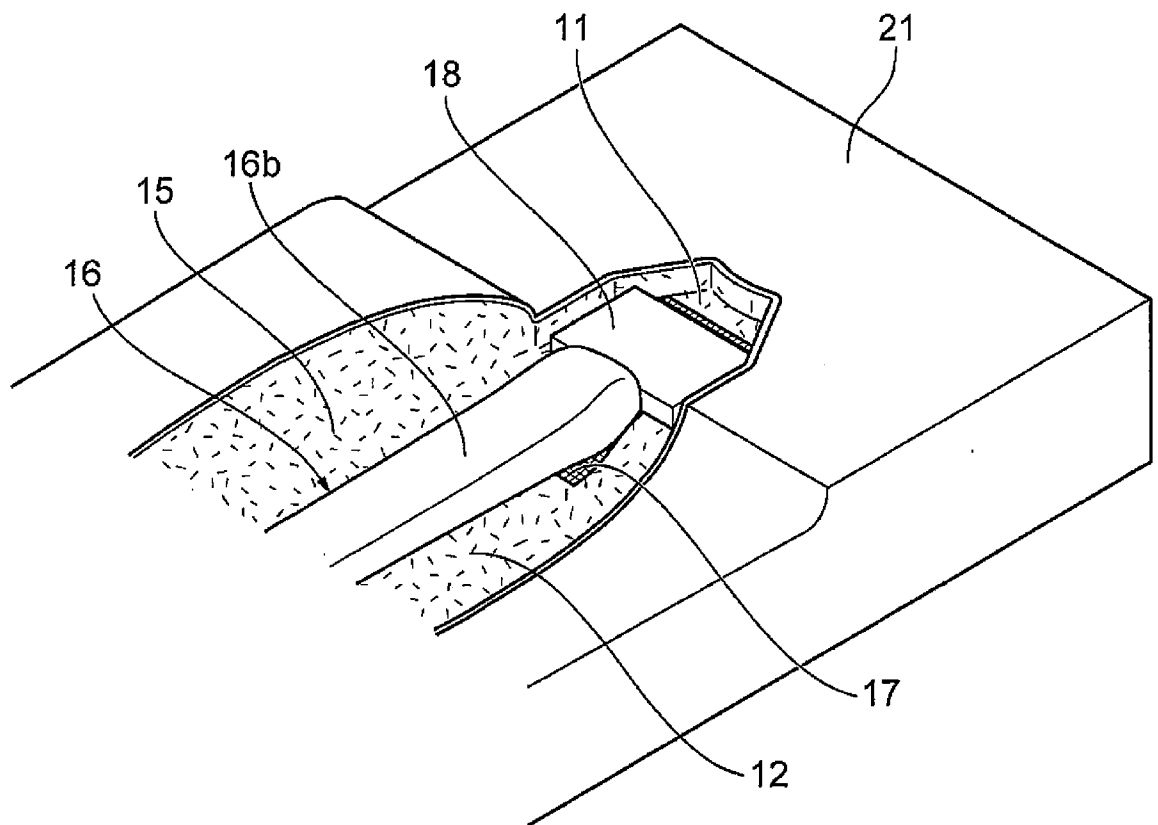
[図6]



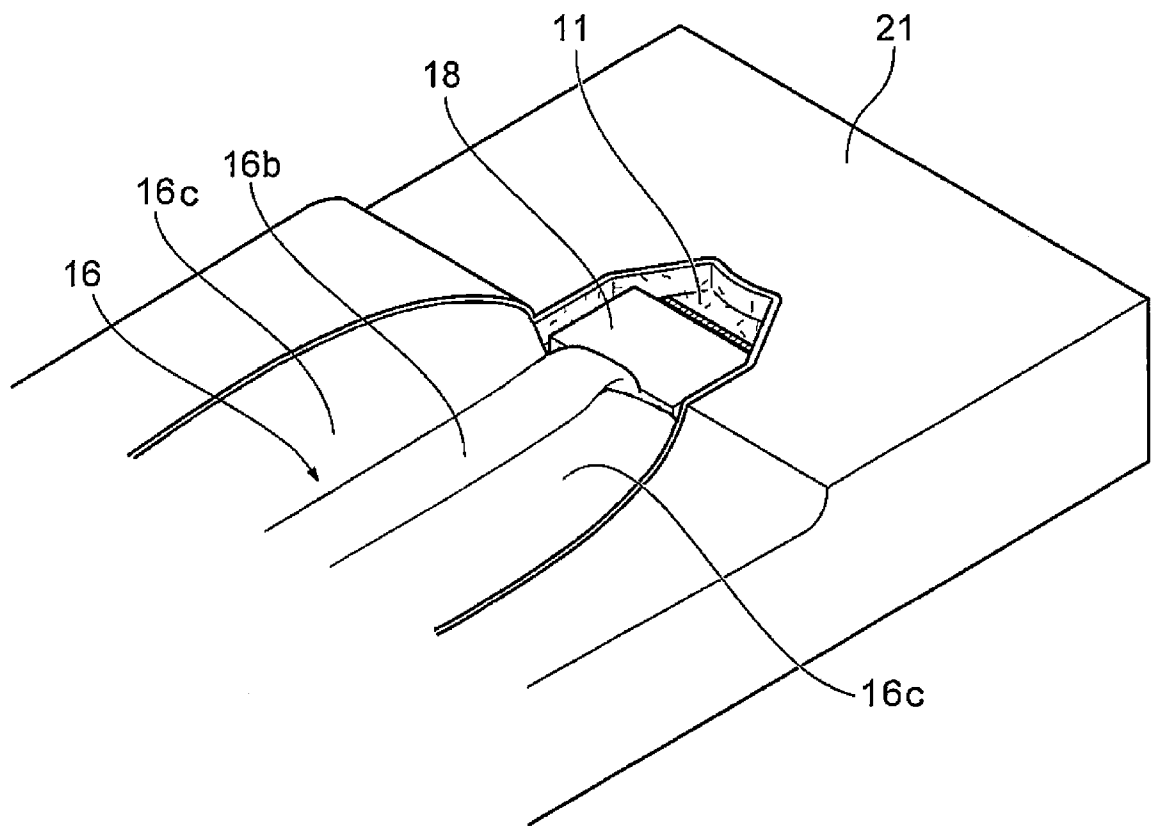
[図7]



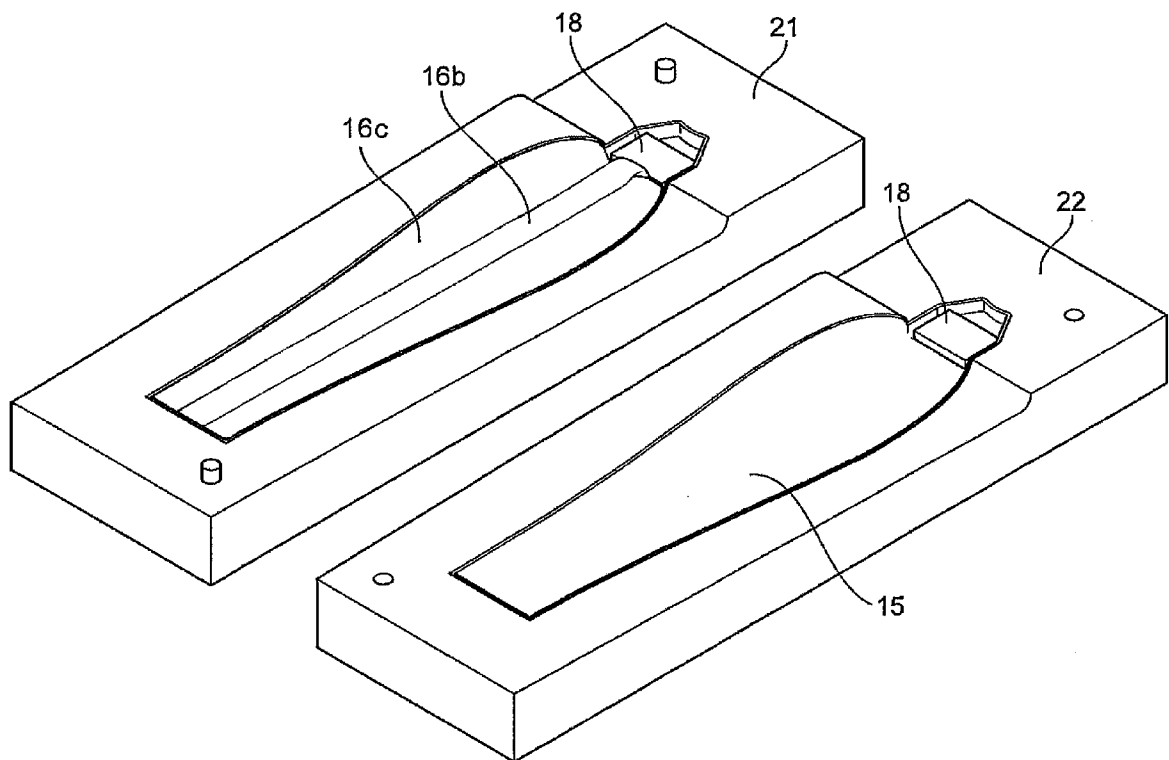
[図8]



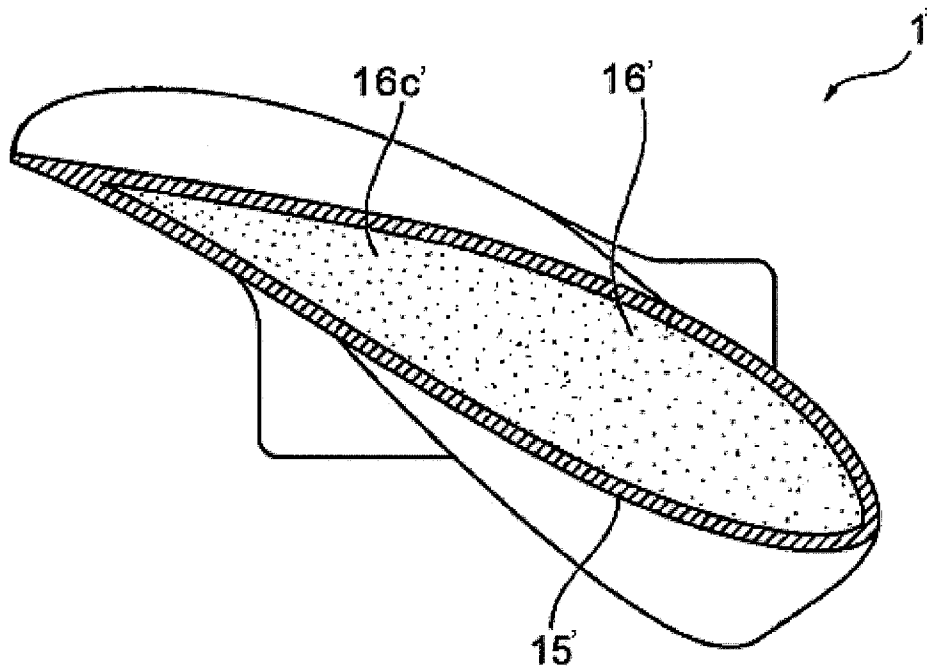
[図9]



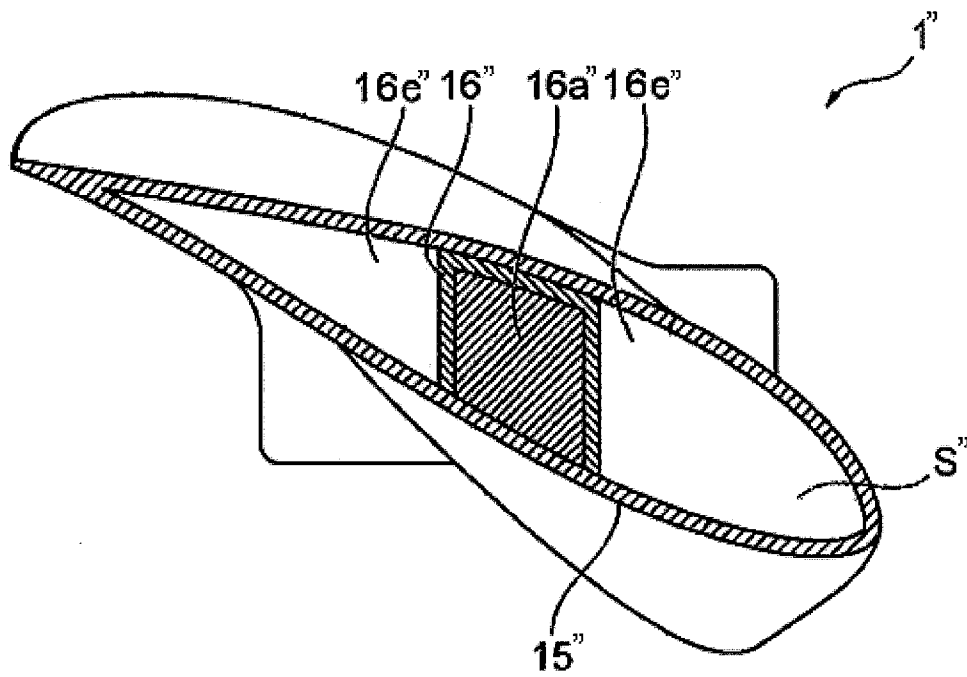
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/075131

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

F03D11/00(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)

F03D11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2006/106734 A1 (Zephyr Corp.), 12 October 2006 (12.10.2006), paragraphs [0030] to [0043]; fig. 1 to 10 & US 2008/0273981 A1 paragraphs [0057] to [0070]; fig. 1 to 10	1, 3-8 2
Y	JP 2006-161669 A (Toray Industries, Inc.), 22 June 2006 (22.06.2006), paragraphs [0022] to [0035] (Family: none)	1, 3-8
Y	US 2014/0178204 A1 (GENERAL ELECTRIC CO.), 26 June 2014 (26.06.2014), paragraphs [0021] to [0024]; fig. 1 to 3 (Family: none)	3-8

☒ 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
20 November 2015 (20.11.15)

Date of mailing of the international search report
01 December 2015 (01.12.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/075131

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-510866 A (Epsilon Composite), 01 May 2014 (01.05.2014), paragraphs [0029] to [0052]; fig. 1 to 4 & US 2014/0003956 A1 paragraphs [0032] to [0054]; fig. 1 to 4	5-8
Y	WO 2011/077545 A1 (Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.), 30 June 2011 (30.06.2011), paragraphs [0036] to [0039]; fig. 5 & US 2012/0141282 A1 paragraphs [0102] to [0109]; fig. 5	7-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. F03D11/00(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. F03D11/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y A	WO 2006/106734 A1（ゼファー株式会社）2006.10.12, 段落[0030]－[0043], 図1－10 & US 2008/0273981 A1, 段落[0057]－[0070], 図1－10	1, 3－8 2
Y	JP 2006-161669 A（東レ株式会社）2006.06.22, 段落[0022]－[0035]（ファミリーなし）	1, 3－8
Y	US 2014/0178204 A1（GENERAL ELECTRIC COMPANY）2014.06.26, 段落[0021]－[0024], 図1－3（ファミリーなし）	3－8

☒ 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

20.11.2015

国際調査報告の発送日

01.12.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/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）

新井 浩士

30

4485

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 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
Y	JP 2014-510866 A (エプシロン コンポジット) 2014.05.01, 段落 [0029] – [0052], 図1 – 4 & US 2014/0003956 A1, 段落 [0032] – [0054], 図1 – 4	5 – 8
Y	WO 2011/077545 A1 (三菱重工業株式会社) 2011.06.30, 段落[0036] – [0039], 図5 & US 2012/0141282 A1, 段落[0102] – [0109], 図5	7 – 8