

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-33365
(P2016-33365A)

(43) 公開日 平成28年3月10日(2016.3.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
F03D 80/00 (2016.01)	F03D 11/00 A	3H178
F03D 1/06 (2006.01)	F03D 1/06 A	
F03D 3/06 (2006.01)	F03D 3/06 G	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願2014-157184 (P2014-157184)	(71) 出願人	000003078 株式会社東芝 東京都港区芝浦一丁目1番1号
(22) 出願日	平成26年7月31日 (2014.7.31)	(74) 代理人	110001092 特許業務法人サクラ国際特許事務所
		(72) 発明者	花井 正広 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	和田 治寿 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		(72) 発明者	中澤 義基 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
		Fターム(参考)	3H178 AA03 AA16 AA40 AA43 BB12 BB35 BB71 BB75 CC03 CC04

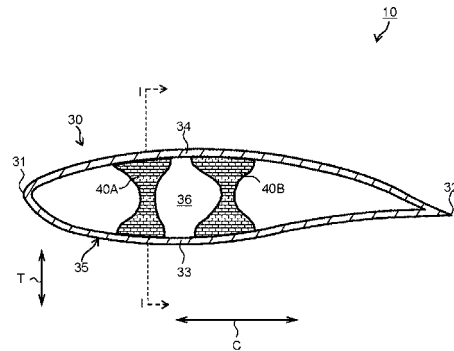
(54) 【発明の名称】 ロータブレード及びロータブレードの製造方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 比較的軽量で且つ高い精度の高い形状のロータブレードを提供する。

【解決手段】 実施形態によれば、ロータブレードは、翼型を画定する板状の部分である外板部30と、当該外板部30の内側を長手方向に延びており、当該外板部30のプレッシャ側部分33とサクシヨン側部分34とを結合させる桁部40A, 40Bとを備える。外板部30と桁部40A, 40Bは、一体に成形されている。外板部30と桁部40A, 40Bは、三次元造形システムにより、一体に造形される。桁部40A, 40Bを造形する際に、これら桁部40A, 40Bの内部には、多数の空間が形成される。前記桁部40A, 40Bの内部に形成された空間と、外板部30の内側であって桁部40A, 40Bの外側にある空間は連通している。

【選択図】 図3



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ロータブレードのうち翼型を画定する板状の部分である外板部と、
前記外板部の内側を長手方向に延びており、当該外板部のプレッシャ側部分とサクシヨン側部分とを結合させる桁部と、
を備え、
前記外板部と前記桁部は、一体に成形されており、
前記桁部の内部に形成された空間と、前記外板部の内側であって前記桁部の外側にある空間が連通している
ことを特徴とするロータブレード。

10

【請求項 2】

前記桁部は、内部にキャビティが三次元的に配列されて構成されている
ことを特徴とする請求項 1 に記載のロータブレード。

【請求項 3】

前記桁部は、隣り合うキャビティ同士が連通する連続気泡構造をなしており、
各キャビティは、前記桁部の外にある空間と連通している
ことを特徴とする請求項 2 に記載のロータブレード。

【請求項 4】

前記キャビティは、略球状をなしており、所定の第 1 方向と、第 1 方向と直交する第 2 方向と、第 1 方向及び第 2 方向に直交する第 3 方向に、それぞれ配列されている
ことを特徴とする請求項 2 に記載のロータブレード。

20

【請求項 5】

前記桁部は、立体トラス構造をなしており、
直線状に延びている複数の延伸部と、
隣り合う延伸部同士を結合させる複数の結合部と、
を有し、
前記複数の延伸部と前記複数の結合部は、一体に造形されている
ことを特徴とする請求項 1 に記載のロータブレード。

【請求項 6】

各延伸部は、それぞれ略円柱形状をなしており、
各結合部は、それぞれ略球形状をなしており、
前記桁部は、各結合部の球形状の半径が、各延伸部の円柱形状の半径に比べて、大きく
なるよう構成されている
ことを特徴とする請求項 5 に記載のロータブレード。

30

【請求項 7】

前記桁部は、ハニカム構造をなしており、
六角柱状をなしている六角柱状空間が、平らな板状をなしている平板状部分の上に複数
配列されており、
各六角柱状空間を画定する壁体には、隣り合う六角柱状空間同士を連通させる貫通孔が
形成されており、
各六角柱状空間は、前記桁部の外にある空間と連通している
ことを特徴とする請求項 1 に記載のロータブレード。

40

【請求項 8】

前記外板部より内側において長手方向に延びており、翼端側からの雷の電流を翼根側に
流す導体であるダウンコンダクタを、さらに備え、
前記桁部には、当該ダウンコンダクタを保持する保持部分が、長手方向に間隔をあけて
複数配列されている
ことを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれか一項に記載のロータブレード。

【請求項 9】

前記外板部を貫通して延びており、当該外板部の外側から雷の電流を受けて前記ダウン

50

コンダクタに流す導体であるレセプタを、さらに備え、
前記外板部には、当該レセプタが取り付けられる貫通孔が形成されている
ことを特徴とする請求項 8 に記載のロータブレード。

【請求項 10】

三次元造形システムにより、
ロータブレードのうち翼型を画定する板状の部分である外板部を造形すると共に、当該
外板部の内側を長手方向に延びて当該外板部のプレッシャ側部分とサクシオン側部分とを
結合させる桁部を造形する
ことを特徴とするロータブレードの製造方法。

【請求項 11】

前記桁部を造形する際に、
前記外板部より内側を長手方向に延びて翼端側からの雷の電流を翼根側に流す導体であ
るダウンコンダクタを、保持する保持部分を途中まで造形し、
当該途中まで造形された保持部分に、当該ダウンコンダクタを取り付けた後、
当該保持部分の残りの部分を造形する
ことを特徴とする請求項 10 に記載のロータブレードの製造方法。

【請求項 12】

前記外板部を造形する際に、
当該外板部を貫通して延びており、当該外板部の外側から雷の電流を受けて前記ダウン
コンダクタに流す導体であるレセプタを取り付けるための貫通孔を、当該外板部に形成し
、
前記途中まで造形された保持部分に前記ダウンコンダクタを取り付ける際に、前記レセ
プタを前記貫通孔に取り付けて、当該ダウンコンダクタと接続する
ことを特徴とする請求項 11 に記載のロータブレードの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、風車のロータを構成する回転翼であるロータブレードの構造と、
その製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

風が有する運動エネルギーを電気エネルギーに変換する風力発電装置等は、通常、風の力を
機械的動力に変換するロータを備えた装置、いわゆる風車（風力タービン：wind turbine）
を有している。風車は、一般的に、風を受けて回転するロータと、当該ロータからの機
械的動力を発電機等に伝達する回転軸（いわゆる主軸）を有し、当該ロータは、風力を機
械的動力に変換して主軸に伝達する。このようなロータは、通常、複数の回転翼（以下、
ロータブレードと記す）と、これらロータブレードを主軸に固定するためのハブを有して
いる。

【0003】

なお、下記の特許文献 1 には、ロータブレードのうち翼型を画定する板状の部材（外皮
）と、当該部材の内側に設けられた桁（spar）と、ハブに固定される翼根（blade root）
とを、ガラス繊維強化プラスチックで構成する技術が開示されている。特許文献 1 に記載
の技術においては、翼型を画定する板状の部材である外皮と、当該外皮の内側において翼
弦方向の前後に設けられた桁とを、接着剤により接合している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2002 - 357176 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【0005】

ところで上述した風力発電装置には、発電容量の大容量化が求められており、ロータブレードには、その長手方向の長さ（以下、翼長さと記す）が長いものを製作することが求められている。翼長さが比較的長い（例えば、80m）ロータブレードを製作する場合、翼型を画定する板状の部材と、その内側を長手方向に延びている桁も、それぞれ長いものとなり、これらを所定の位置に正確に位置を合わせて接着により接合することは困難であった。例えば、板状の部材と桁とを接着剤により接合する際に、当該接着剤が硬化するまでには、長い時間を要するという問題があった。また、板状の部材と桁との接着を行った後に、接合した位置が、所定の位置からずれていたことが判明した場合、硬化した接着剤を剥がすことは困難であり、製作したロータブレードを廃棄する必要があった。

10

【0006】

なお、上述のようにロータブレードを高い精度で製作するために、上述した板状の部材（外皮）や桁を、より厚みを増した剛性の高いものを用いた場合、ロータブレードの重量が増大するという問題が生じる。ロータブレードの重量が増大すると、当該ロータブレードを支えるナセルやタワーといった風車の構成要素にも、より高い強度が求められ、風車全体としての重量やコストが増大するという問題が生じる。

【0007】

本発明の実施形態は、上記に鑑みてなされたものであって、比較的軽量で且つ高い精度の高い形状のロータブレード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】

20

【0008】

上述の目的を達成するため、本発明の実施形態のロータブレードは、ロータブレードのうち翼型を画定する板状の部分である外板部と、前記外板部の内側を長手方向に延びており、当該外板部のプレッシャ側部分とサクシオン側部分とを結合させる桁部と、を備え、前記外板部と前記桁部は、一体に成形されており、前記桁部の内部に形成された空間と、前記外板部の内側であって前記桁部の外側にある空間が連通していることを特徴とする。

【0009】

また、本発明の実施形態のロータブレードの製造方法は、三次元造形システムにより、ロータブレードのうち翼型を画定する板状の部分である外板部を造形すると共に、当該外板部の内側を長手方向に延びて当該外板部のプレッシャ側部分とサクシオン側部分とを結合させる桁部を造形することを特徴とする。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施形態のロータブレードの全体構成を示す部分断面図である。

【図2】第1の実施形態のロータブレードの翼端近傍における横断面図であり、図1のII-II線による断面図である。

【図3】第1の実施形態のロータブレードの長手方向中央部における横断面図であり、図1のIII-III線による断面図である。

【図4】第1の実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。

【図5】第1の実施形態のロータブレードのうち桁部に多数形成されたキャビティの詳細な構造を説明する斜視図である。

40

【図6】第1の実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、三次元造形システムの構成と、当該三次元造形システムにより造形途中のロータブレードを示す部分断面図である。

【図7】第1の実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、三次元造形システムの構成と、当該三次元造形システムにより造形が完了したロータブレードを示す部分断面図である。

【図8】第1の実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、ロータブレードの長手方向の中央部において、外板部のうちプレッシャ側部分と、桁部のうちプレッシャ側の部分が、一体に造形された状態を示す横断面図である。

50

【図 9】第 1 の実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、ロータブレードの翼端の近傍において、外板部のうちプレッシャ側部分と、桁部のうちプレッシャ側の部分が、一体に造形された状態を示す横断面図である。

【図 10】第 2 の実施形態のロータブレードの横断面図であり、桁部に設けられた保持部分によりダウンコンダクタが保持されている態様を示す図である。

【図 11】第 2 の実施形態のロータブレードの横断面図であり、桁部のうちダウンコンダクタを保持する保持部分が途中まで造形された状態を示す横断面図である。

【図 12】第 2 の実施形態のロータブレードの製造方法において、途中まで造形された保持部分と、当該保持部分により保持されるダウンコンダクタの構成を示す斜視図である。

【図 13】第 2 の実施形態のロータブレードの横断面図であり、途中まで造形された保持部分に、ダウンコンダクタを取り付けた状態を示している。

【図 14】第 2 の実施形態のロータブレードの横断面図であり、長手方向に隣り合う保持部分同士の間を横断面を示している。

【図 15】第 2 の実施形態のロータブレードの翼端近傍の横断面図であり、途中まで造形された外板部にレセプタ取付用の貫通孔が形成された態様を示している。

【図 16】第 2 の実施形態のロータブレードの翼端近傍の横断面図であり、外板部に形成された貫通孔にレセプタが取り付けられた態様を示す図である。

【図 17】第 3 の実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。

【図 18】第 3 の実施形態のロータブレードのうち桁部の基本構造を説明する斜視図である。

【図 19】第 3 の実施形態の変形例の桁部の基本構造を説明する斜視図である。

【図 20】第 4 の実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。

【図 21】第 5 の実施形態のロータブレードが適用されるジャイロミル型風車のロータの斜視図である。

【図 22】第 5 の実施形態のロータブレードが適用されるジャイロミル型風車のロータの斜視図であり、当該ロータに用いられるロータブレードの断面を説明する図である。

【図 23】第 5 の実施形態のロータブレードを含むロータの製造方法を説明する図であり、当該製造方法において用いられる三次元造形システムの一例を示す図である。

【図 24】第 5 の実施形態のロータブレードを含むロータの製造方法を説明する図であり、当該製造方法において用いられる三次元造形システムの他の例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下に、本発明の実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下に説明する実施形態により、本発明が限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。

【0012】

〔第 1 の実施形態〕

第 1 の実施形態のロータブレードの構成について、図 1 ~ 図 5 を用いて説明する。図 1 は、本実施形態のロータブレードの全体構成を示す部分断面図である。図 2 は、図 1 の II - II 線による断面図である。図 3 は、図 1 の III - III 線による断面図である。なお、各図においてにおいて、翼の長手方向（いわゆる翼幅方向）を矢印 L で示し、翼の厚さ方向を矢印 T で示し、翼弦方向を矢印 C で示す。なお、図 1 は、図 3 及び図 10 の I - I 線による断面図となっている。

【0013】

図 1 に示すように、ロータブレード 10 は、風力発電装置を構成する風車（図示せず）に用いられるものであり、本実施形態においては、プロペラ型の風力発電機に用いられるものである。ロータブレード 10 は、図示しないハブに固定される基部（以下、翼根と記す）20 と、翼根 20 から翼端 22 に向けて延びている部分（以下、翼本体と記す）24 とを有している。なお、図 1 においては、翼根 20 以外については、断面を表示している。

。

10

20

30

40

50

【0014】

翼本体24は、図2に示すように、ロータブレード10のうち翼型を画定する湾曲した板状の部分（以下、外板部と記す）30を有している。外板部30は、前縁31と後縁32との間において風の圧力を主に受ける部分（以下、プレッシャ側部分と記す）33と、当該プレッシャ側とは反対側の部分（以下、サクシオン側部分と記す）34から構成されている。外板部30の外面35は、滑らかに湾曲しており、翼型を画定している。

【0015】

外板部30の内側、すなわちプレッシャ側部分33とサクシオン側部分34との間にある空間36には、梁（ビーム）状の構造物（以下、桁部と記す）40が設けられている。桁部40は、図1に示すように、外板部30の内側を長手方向Lに延びている。また、桁部40は、図2に示すように、プレッシャ側部分33とサクシオン側部分34との間を翼の厚さ方向Tに延びており、プレッシャ側部分33とサクシオン側部分34とを接続している。

10

【0016】

翼端22の近傍においては、図2に示すように、一つの桁部（いわゆる主桁）40が、外板部30の内側に設けられており、プレッシャ側部分33とサクシオン側部分34とを結合させている。すなわち、ロータブレード10は、翼端22の近傍においては、単桁構造をなしている。本実施形態において、桁部40は、外板部30から厚さ方向Tを内側に向かうに従って翼弦方向Cの寸法が小さくなるよう構成されている。

20

【0017】

一方、長手方向Lの中央部においては、図3に示すように、2つの桁部40A、40Bが、外板部30の内側に設けられており、それぞれ、プレッシャ側部分33とサクシオン側部分34とを結合させている。すなわち、ロータブレード10は、長手方向の中央部においては、二本桁構造をなしている。本実施形態において、前縁31側の桁部40A（いわゆる前桁）は、外板部30から厚さ方向Tを内側に向かうに従って翼弦方向Cの寸法が小さくなるよう構成されている。

【0018】

以上に説明した外板部30（すなわちプレッシャ側部分33及びサクシオン側部分34）と、桁部40、40A、40Bは、本実施形態においては、後述する三次元造形システムにより、同じ材料で一体に造形されている。

30

【0019】

三次元造形システムにより形成される桁部40の内部構造について、図4及び図5を用いて説明する。図4は、第1の実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。図5は、第1の実施形態のロータブレードのうち桁部に多数形成されたキャビティの詳細な構造を説明する斜視図である。

【0020】

図4に示すように、桁部40の内部には、キャビティ44が、3次元的に多数形成されている。本実施形態において、キャビティ44は、略球状をなしており、所定の第1方向（図に矢印D1で示す）と、第1方向に直交する第2方向（図に矢印D2で示す）と、第1方向及び第2方向に直交する第3方向（図に矢印D3で示す）に、それぞれ複数配列されている。

40

【0021】

桁部40は、隣り合うキャビティ44同士が開口46を介して連通する連続気泡構造をなしている。当該開口46は、図5に示すように、各キャビティ44に対して、第1方向の両側、第2方向の両側、第3方向の両側に、それぞれ設けられている。すなわち、キャビティ44は、第1方向の両側にある2つのキャビティと、第2方向の両側にある2つのキャビティと、第3方向の両側にある2つのキャビティと、それぞれ開口46を介して連通している。

【0022】

キャビティ44のうち、桁部40の縁を構成するものは、開口46を介して空間36（

50

図 2 及び図 3 参照) と連通している。これにより、桁部 40 の内部に形成された全てのキャビティ 44 は、桁部 40 の外にある空間、すなわち外板部 30 の内側にある空間 36 と連通している。

【0023】

このように当該桁部 40, 40A, 40B の内部にある空間であるキャビティ 44 と、外板部 30 の内側であって桁部 40, 40A, 40B の外側にある空間 36 は、連通している。桁部 40 の外にある空間と連通するキャビティ 44 を、桁部 40 内に多数形成することにより、当該桁部 40 の強度を確保しつつ軽量化を図ると共に、後述する三次元造形システムによる桁部 40 の造形を可能にしている。

【0024】

(ロータブレードの製造方法)

ここで、本実施形態のロータブレード 10 の製造方法について、図 6 ~ 図 9 を用いて説明する。図 6 は、本実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、三次元造形システム 1 の構成と、当該三次元造形システム 1 により造形途中のロータブレードを示す部分断面図である。図 7 は、本実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、三次元造形システム 1 の構成と、当該三次元造形システム 1 により造形が完了したロータブレードを示す部分断面図である。図 8 は、本実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、ロータブレードの長手方向の中央部において、外板部のうちプレッシャ側部分と、桁部のうちプレッシャ側の部分が、一体に造形された状態を示す横断面図である。図 9 は、本実施形態のロータブレードの製造方法を説明する図であり、ロータブレードの翼端の近傍において、外板部のうちプレッシャ側部分と、桁部のうちプレッシャ側の部分が、一体に造形された状態を示す横断面図である。

【0025】

図 6 及び図 7 に示すように、本実施形態の三次元造形システム 1 は、光硬化性樹脂材料 3 に紫外線等の特定の波長の光を照射して硬化させ、硬化した樹脂を積層することにより、所望の形状の部材を造形する、いわゆる光造形法を用いるものである。当該三次元造形システム 1 は、光硬化性樹脂材料 3 を硬化させる光を照射する光照射装置 7 と、光硬化性樹脂材料 3 が貯留されている貯留槽 2 を有している。貯留槽 2 には、貯留されている光硬化性樹脂材料 3 の液面の高さを制御する装置 (図示せず) 及び光硬化性樹脂材料 3 を貯蔵する貯蔵槽 (図示せず) が接続されている。

【0026】

また、三次元造形システム 1 は、硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を噴射して、一定の厚さごとに積層する樹脂積層装置 9 を有している。光照射装置 7 及び樹脂積層装置 9 は、移動レール 8 に沿って水平方向 (すなわちロータブレード 10 の長手方向) に移動可能に構成されている。なお、三次元造形システム 1 には、光照射装置 7 及び樹脂積層装置 9 を、それぞれ複数、設けることも好適である。

【0027】

なお、光硬化性樹脂材料 3 は、光照射装置 7 からの特定の波長の光 (例えば、紫外線) を受けて重合、硬化する樹脂である。また、光硬化性樹脂材料 3 は、所定の粘度を有する液体 (流動体) である。

【0028】

なお、光硬化性樹脂材料 3 には、充填剤としての化学繊維を含有することも好適である。光硬化性樹脂材料 3 に含有される化学繊維には、グラスファイバー、無機物繊維、カーボン繊維、ポリフェニレンスルファイド (PPS : Polyphenylenesulfide) 等のエンジニアリングポリマー繊維等を用いることができる。

【0029】

樹脂積層装置 9 は、光照射装置 7 に先行して水平方向に移動し、光照射装置 7 により光が照射されておらず、硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を、所定の厚さで積層する。光照射装置 7 は、樹脂積層装置 9 の後を追って移動し、樹脂積層装置 9 によって盛られた光硬化性樹脂材料 3 に光を掃引して光硬化性樹脂材料 3 に硬化させる。なお、光照射装置 7

10

20

30

40

50

により光が照射されず硬化しなかった光硬化性樹脂材料 3 は、外板部 30 のプレッシャ側部分 33 の内側の面を介して貯留槽 2 に流れ落ちる。光照射装置 7 による光の照射を制御することにより、所望の部分の光硬化性樹脂材料 3 を硬化させる。

【0030】

このようにして、図 6、図 8 及び図 9 に示すように、三次元造形システム 1 により、外板部 30 の一部、本実施形態においては、プレッシャ側部分 33 を造形すると共に、桁部 40, 40A, 40B のうちプレッシャ側の部分を造形する。外板部 30 と桁部 40, 40A, 40B は、一体に造形される。

【0031】

桁部 40, 40A, 40B を造形する工程において、当該桁部 40, 40A, 40B 内には、それぞれ、キャビティ 44 及び開口 46 (図 4 及び図 5 参照) が形成される。光照射装置 7 により光が照射されず、キャビティ 44 内にある硬化していない光硬化性樹脂材料 3 は、開口 46 及び隣り合うキャビティ 44 を介して桁部 40, 40A, 40B の外に排出される。

10

【0032】

このようにして、ロータブレード 10 の外板部 30 及び桁部 40, 40A, 40B を、プレッシャ側からサクシオン側へと順次、造形していき、外板部 30 のサクシオン側部分 34 と桁部 40, 40A, 40B のサクシオン側の部分を一体に造形し、図 7 に示すように、ロータブレード 10 全体の光造形を完了させる。

【0033】

以上に説明したように本実施形態のロータブレード 10 は、当該ロータブレード 10 のうち翼型を画定する板状の部分である外板部 30 と、当該外板部 30 の内側を長手方向に延びており、当該外板部 30 のプレッシャ側部分 33 とサクシオン側部分 34 とを結合させる桁部 40, 40A, 40B とを備え、外板部 30 と桁部 40, 40A, 40B は、一体に成形されている。外板部 30 と桁部 40, 40A, 40B を一体に造形することで、ロータブレード 10 の形状を、より精度の高いものとすることができる。

20

【0034】

また、本実施形態のロータブレード 10 の製造方法は、三次元造形システム 1 により、外板部 30 を造形すると共に桁部 40, 40A, 40B を造形するものとした。桁部 40, 40A, 40B を外板部 30 と一体に造形する際に、桁部 40, 40A, 40B の内部に、例えば、多数のキャビティ 44 を形成することにより、ロータブレード 10 の所望の強度を確保しつつ、軽量化を図ることができる。

30

【0035】

本実施形態のロータブレード 10 においては、桁部 40, 40A, 40B の内部にあるキャビティ 44 と、外板部 30 の内側であって桁部 40, 40A, 40B の外側にある空間 36 が連通している、これにより、桁部 40, 40A, 40B の製造工程において、キャビティ 44 内にある硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を、桁部 40, 40A, 40B の外側に排出することができる。

【0036】

なお、本実施形態のロータブレード 10 は、外板部 30 の外面 35 は、滑らかに湾曲しているものとしたが、本発明に係る外板部の態様は、これに限定されるものではない。外板部の外面に小さな凹凸を形成することも好適である。小さな凹凸を形成することにより、ロータブレード 10 が回転するときに、外板部 30 により大きな渦流 (乱流) が形成されることを抑制することができる。

40

【0037】

また、本実施形態のロータブレードの製造方法は、上述した態様に限定されるものではない。外板部 30 と桁部 40, 40A, 40B とを一体に造形する工程の途中において、ロータブレード 10 の他の構成部品を取り付けることも好適であり、以下に、その一例について説明する。

【0038】

50

〔第2の実施形態〕

第2の実施形態のロータブレードと、その製造方法について、図1、図7、図10～図16を用いて説明する。

【0039】

図10は、本実施形態のロータブレードの横断面図であり、桁部に設けられた保持部分によりダウンコンダクタが保持されている態様を示す図である。図11は、本実施形態のロータブレードの横断面図であり、桁部のうちダウンコンダクタを保持する保持部分が途中まで造形された状態を示す横断面図である。図12は、本実施形態のロータブレードの製造方法において、途中まで造形された保持部分と、当該保持部分により保持されるダウンコンダクタの構成を示す斜視図である。図13は、本実施形態のロータブレードの横断面図であり、途中まで造形された保持部分に、ダウンコンダクタを取り付けた状態を示している。

10

【0040】

図14は、本実施形態のロータブレードの横断面図であり、長手方向に隣り合う保持部分同士の間横断面を示している。図15は、本実施形態のロータブレードの翼端近傍の横断面図であり、途中まで造形された外板部にレセプタ取付用の貫通孔が形成された態様を示している。図16は、本実施形態のロータブレードの翼端近傍の横断面図であり、外板部に形成された貫通孔にレセプタが取り付けられた態様を示す図である。なお、第1の実施形態と略共通の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0041】

図7に示すように、本実施形態のロータブレード10Bは、外板部30を貫通して延びており、外板部30の外側から雷の電流を受ける導体（以下、レセプタと記す）60を有している。また、図10に示すように、ロータブレード10Bは、外板部30より内側において長手方向に延びており、雷の電流を翼端22側（図1参照）から翼根20側に流す導体（以下、ダウンコンダクタと記す）50を有している。

20

【0042】

ダウンコンダクタ50は、略円柱状をなしており、長手方向Lに延びている（図12参照）。ダウンコンダクタ50は、当該レセプタ60（図7参照）に接続されており、レセプタ60で受けた雷の電流を翼根20側に流す。

【0043】

図12に示すように、本実施形態のロータブレード10Bにおいて、前縁31側の桁部41には、ダウンコンダクタ50を保持する部分（以下、保持部分と記す）45が設けられている。保持部分45は、桁部41のうち厚さ方向Tの略中央に配置されており、且つ桁部40のうち翼弦方向の後縁32側に設けられている。

30

【0044】

本実施形態のロータブレード10Bの製造方法においては、図11に示すように、上述した三次元造形システム1により、外板部30と共に桁部41、40Bを造形する工程において、桁部41の保持部分45を途中まで造形する。

【0045】

なお、ロータブレード10Bのうち、例えば、翼端22の近傍においては、図15に示すように、外板部30のプレッシャ側部分33を造形する際に、レセプタ60を取り付けるための貫通孔62を形成しておく。

40

【0046】

途中まで造形された保持部分45には、図11及び図12に示すように、長手方向Lに直交する断面が略半円状をなしており、長手方向Lに延びている凹み48が形成されている。保持部分45において、当該凹み48は、ダウンコンダクタ50を受け入れて、これを支持する。桁部41に当該凹み48が形成された状態で、三次元造形システム1による光造形を一旦停止する。

【0047】

本実施形態の保持部分45において、当該凹み48には、長手方向を軸心とする周方向

50

に延びている溝 47 が形成されている。一方、本実施形態のダウンコンダクタ 50 は、円柱状をなして長手方向 L に延びている部分（以下、本体部と記す）51 に加えて、当該本体部 51 から径方向外側に突出している部分（以下、突出部と記す）53 を有している。本実施形態の製造方法においては、突出部 53 を、溝 47 に嵌め合わせることで、ダウンコンダクタ 50 を、途中まで造形された保持部分 45 に取り付ける。

【0048】

なお、ダウンコンダクタ 50 を保持部分 45 に取り付ける際、翼端 22 の近傍においては、図 16 に示すように、外板部 30 に形成された貫通孔 62（図 15 参照）にレセプタ 60 を取り付けて、当該ダウンコンダクタ 50 と接続する。

【0049】

ダウンコンダクタ 50 を、途中まで造形された保持部分 45 に取り付けた後、再び、三次元造形システム 1 による光造形を再開させて、当該保持部分 45 の残りの部分と、桁部 40B, 41 の残りの部分を造形すると共に、外板部 30 の残りの部分を造形する。これにより、図 10 に示すロータブレード 10B が完成する。完成したロータブレード 10B において、桁部 41 の保持部分 45 は、ダウンコンダクタ 50 の突出部 53 の近傍を囲うように設けられており、当該ダウンコンダクタ 50 を保持している。

【0050】

本実施形態において、ダウンコンダクタ 50 の突出部 53 と、桁部 41 の保持部分 45 は、長手方向 L（図 12 参照）に所定の間隔をあけて複数配列されている。長手方向 L において隣り合う保持部分 45 同士の間、すなわち保持部分 45 が設けられていないロータブレード 10B の横断面を、図 14 に示す。当該横断面において、ダウンコンダクタ 50 は、桁部 41 から翼弦方向 C の後縁 32 側に間隔をあけて配置されている。このように配置することで、ダウンコンダクタ 50 に雷の電流が流れて高温となった際に、当該ダウンコンダクタ 50 の放熱を促進している。

【0051】

なお、上述して実施形態のロータブレード 10B は、翼根 20 側に雷の電流を流す導体であるダウンコンダクタ 50 に加えて、外板部 30 を貫通して延びている導体であるレセプタ 60 を備えるものとしたが、本発明に係るロータブレードは、この態様に限定されるものではない。例えば、レセプタ 60 を設ける代わりに、外板部 30 において絶縁耐力が周囲に比べて低い部分を形成し、当該部分から雷を受けてダウンコンダクタ 50 に電流を流すものとしても良い。雷の電流により、外板部 30 の内側においては、当該電流により加熱されて高温且つ高圧の空気が生じる。当該空気は、外板部 30 のうち、雷の電流により絶縁破壊した部分から外板部 30 の外側に排出することが可能である。

【0052】

また、上述した実施形態のロータブレード 10, 10B において、桁部 40, 40A, 40B, 41 は、内部にキャビティ 44 が 3 次元的に多数配列されて構成されているものとしたが、本発明に係る桁部の構造は、この態様に限定されるものではない。以下に、その一例について説明する。

【0053】

〔第 3 の実施形態〕

第 3 の実施形態のロータブレードの構成について、図 3、図 6 及び図 17 ~ 図 19 を用いて説明する。図 17 は、本実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。図 18 は、本実施形態のロータブレードのうち桁部の基本構造を説明する斜視図である。図 19 は、本実施形態の変形例の桁部の基本構造を説明する斜視図である。なお、第 1 の実施形態と略共通の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0054】

図 17 に示すように、本実施形態のロータブレードの桁部 40C は、立体トラス構造をなしており、直線状に延びている複数の延伸部 70 と、隣り合う延伸部 70 同士を結合させる複数の結合部 72 とを有している。各延伸部 70 と、各結合部 72 は、同一の光硬化性樹脂材料 3（図 6 参照）により構成されており、一体成形されている。

10

20

30

40

50

【0055】

各延伸部70は、それぞれ略円柱状をなしている。一方、各結合部72は、それぞれ略球状をなしている。桁部40Cは、各結合部72の球形状の半径が、各延伸部70の円柱形状の半径に比べて、大きくなるよう構成されている。桁部40Cは、複数の延伸部70と複数の結合部72は、上述した三次元造形システム1により、一体に造形されることにより構成されている。

【0056】

本実施形態の桁部40Cの立体トラス構造は、図18に示すように、四面体（すなわち三角錐）と、五面体（すなわち四角錐）が、一つの面を共有して、所定の方向（以下、第1方向E1と記して図に矢印E1で示す）に交互に配列された形状をなしている。各結合部72は、これら三角錐及び四角錐の頂点の位置に配置されている。各延伸部70は、これら三角錐及び四角錐の辺に沿って延びている。なお、以下の説明において、図18に示す構造を「基本構造」と記して符号75で示す。

【0057】

桁部40Cは、図17に示すように、第1方向Eに延びている基本構造75が、第1方向E1と直交する方向（以下、直交方向と記す）に配列されて構成されている。具体的には、基本構造75は、直交方向のうち所定の方向（以下、第2方向E2と記して、図に矢印E2で示す）と、当該直交方向のうち第2方向E2と所定の角度をなす方向（以下、第3方向と記して、図に矢印E3で示す）に配列されている。

【0058】

このような構造の桁部40Cは、外板部30から桁部40Cに作用する力を均等に分散して伝達することができ、軽量でありながら高い強度を示す。立体トラス構造をなしている本実施形態の桁部40Cは、上述した三次元造形システム1による光造形により容易に実現することができる。桁部40Cを造形する際に、図6に示す光照射装置7により光が照射されず、硬化しなかった光硬化性樹脂材料3を、隣り合う延伸部70同士の間にある空隙から桁部40Cの外に排出することができる。

【0059】

本実施形態の桁部40Cの立体トラス構造は、四面体（すなわち三角錐）と、五面体（すなわち四角錐）が、一つの面を共有して、所定の方向（以下、第1方向E1と記して図に矢印E1で示す）に交互に配列された形状を基本構造75とするものとしたが、本発明に係る桁部がなす構造は、この態様に限定されるものではない。本発明の桁部がなしている立体トラス構造には、正四面体と正八面体とを組み合わせた構造、いわゆるオクテッド・トラス構造を用いることも好適である。

【0060】

また、図19に示す変形例の桁部40Dのように、ダイヤモンドの結晶構造状に、上述した各結合部72が配置され、隣り合う結合部72同士の間を延伸部70が延びている構造としても良い。この態様によっても、上述した桁部40Cと同様の効果を奏する。

【0061】

〔第4の実施形態〕

本実施形態のロータブレードの構成について、図3、図6及び図20を用いて説明する。図20は、本実施形態のロータブレードのうち桁部の構造を説明する斜視図である。なお、第1の実施形態と略共通の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0062】

図20に示すように、本実施形態の桁部40Eは、内部に六角柱状をなす空間（以下、六角柱状空間と記す）80が多数配列された構造、いわゆるハニカム構造をなしている。六角柱状空間80は、平らな板状をなしている部分（以下、平板状部分と記す）82の上に複数配列されている。当該六角柱状空間80は、六角形状を画定する6つの壁体84と、六角柱状空間80が延びている方向（図に矢印Fで示す）の両側にある2つの平板状部分82により画定されている。

【0063】

これら六角柱状空間 80 を画定する壁体、すなわち 6 つの壁体 84 と、平板状部分 82 には、各六角柱状空間 80 に対応して、それぞれ貫通孔 85 が形成されている。隣り合う六角柱状空間 80 同士は、当該貫通孔 85 を介して連通している。

【0064】

このように六角柱状空間 80 が多数形成された構造体 88 は、六角柱状空間 80 が延びている方向（図に矢印 F で示す）に複数積層されて、桁部 40E が構成されている。各六角柱状空間 80 を画定する平板状部分 82 及び壁体 84 に貫通孔 85 を形成することにより、全ての六角柱状空間 80 は、桁部 40E の外にある空間、すなわち外板部 30（図 1 参照）の内側にある空間 36 と連通している。

【0065】

このように、桁部 40E の外にある空間と連通する六角柱状空間 80 を、桁部 40E 内に多数形成することにより、当該桁部 40E の強度を確保しつつ軽量化を図りつつ、三次元造形システム 1 による桁部 40E の造形を可能にしている。

【0066】

桁部 40E を造形する工程において、当該桁部 40E 内には、六角柱状空間 80 及び貫通孔 85 が形成される。光照射装置 7 により光が照射されず、六角柱状空間 80 内にある硬化していない光硬化性樹脂材料 3 は、貫通孔 85 及び隣り合う六角柱状空間 80 を介して桁部 40E の外に排出される。

【0067】

〔第 5 の実施形態〕

第 5 の実施形態のロータブレードの構成について、図 21 ~ 図 24 を用いて説明する。図 21 は、本実施形態のロータブレードが適用されるジャイロミル型風車のロータの斜視図である。図 22 は、本実施形態のロータブレードが適用されるジャイロミル型風車のロータの斜視図であり、当該ロータに用いられるロータブレードの断面を説明する図である。なお、第 1 の実施形態と略共通の構成については、同一の符号を付して説明を省略する。

【0068】

図 21 及び図 22 に示すように、本実施形態のロータブレード 10G は、ジャイロミル型風車のロータ 90 を構成している。本実施形態のロータ 90 は、回転中心軸（図に一点鎖線 A で示す）を中心として円板状をなしている部分（以下、円板状部分と記す）92, 93 を有している。円板状部分 92 と円板状部分 93 は、回転中心軸 A の軸方向に所定の間隔をあけて配置されている。当該円板状部分 92 と円板状部分 93 との間には、4 つのロータブレード 10G が回転中心軸 A の周方向に配列されている。

【0069】

各ロータブレード 10G は、それぞれ外板部 30 と桁部 40A, 40B を有している。桁部 40A, 40B の内部構造は、上述した桁部 40, 40C, 40E と同様の構造を採用することが可能であり、桁部 40A, 40B の内部には、多数の空間、すなわち上述したキャビティ 44（図 4 参照）が三次元的に配列されている。桁部 40A, 40B の内部にある空間は、外板部 30 の内側であって桁部 40A, 40B の外側にある空間 36 と連通している。外板部 30 と桁部 40A, 40B を含む 4 つのロータブレード 10G と、2 つの円板状部分 92, 93 は、4 つのロータブレード 10G は、一体に造形されてロータ 90 を構成する。

【0070】

図 21 に示すように、円板状部分 93 には、外板部 30 の内側にある空間 36（図 22 参照）と、ロータ 90 の外側の空間とを連通させる貫通孔 95 が形成されている。貫通孔 95 は、各ロータブレード 10G に対応して設けられている。なお、当該貫通孔 95 は、ロータブレード 10G ごとに複数の形成されているものとしても良い。円板状部分 92 にも、円板状部分 93 と同様に、貫通孔（図示せず）が形成されている。

【0071】

以下に、ロータブレード 10G を含むロータ 90 の製造方向について図 23 及び図 24

10

20

30

40

50

を用いて説明する。図 2 3 は、本実施形態のロータブレードを含むロータの製造方法を説明する図であり、当該製造方法において用いられる三次元造形システムの一例を示す図である。図 2 4 は、本実施形態のロータブレードを含むロータの製造方法を説明する図であり、当該製造方法において用いられる三次元造形システムの他の例を示す図である。

【 0 0 7 2 】

当該ロータ 9 0 は、図 2 3 に示すように、三次元造形システム 1 G により、光造形により行われる。当該三次元造形システム 1 G は、光硬化性樹脂材料 3 を硬化させる特定の波長の光を照射する照射装置 7 と、硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を噴射して積層する樹脂積層装置 9 とを有している。光硬化性樹脂材料 3 を貯留している貯留槽 2 内には、鉛直方向に移動可能な昇降台 4 が設けられている。昇降台 4 は、支え 5 を介してロータ 9 0 を支持する。

10

【 0 0 7 3 】

樹脂積層装置 9 は、昇降台 4 の鉛直上側から硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を噴射する。当該噴射により積層された光硬化性樹脂材料 3 に、照射装置 7 が光を照射する。これにより、光硬化性樹脂材料 3 が硬化して、4 つのロータブレード 1 0 G を含むロータ 9 0 が、一体に造形される。ロータ 9 0 を造形する工程において、外板部 3 0 内にある桁部 4 0 A , 4 0 B には、上述した桁部 4 0 , 4 0 C , 4 0 E と同様の構造を造形することができる。

【 0 0 7 4 】

なお、本実施形態のロータブレード 1 0 G を含むロータ 9 0 を造形する手法は、硬化していない光硬化性樹脂材料 3 を樹脂積層装置 9 により噴射する態様に限定されるものではない。例えば、図 2 4 に示す三次元造形システム 1 H のように、貯留槽 2 内の光硬化性樹脂材料 3 を照射装置 7 からの光により硬化させて、硬化した光硬化性樹脂材料 3 の表面をスィーパー 6 により撫でて滑らかにするものとしても良い。

20

【 0 0 7 5 】

〔他の実施形態〕

上述した各実施形態のロータブレードの製造方法においては、光硬化性樹脂材料 3 に光を照射して硬化させる、いわゆる光造形法により、外板部 3 0 と桁部 4 0 , 4 0 A , 4 0 B ; 4 0 C ; 4 0 D とを一体に造形するものとしたが、本発明に適用可能な三次元造形手法は、この態様に限定されるものではない。本発明に係るロータブレード及びその製造方法には、粉末法や熱溶解積層法など、様々な三次元造形手法を用いることができる

30

本発明のいくつかの実施形態について説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態はその他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【 0 0 7 6 】

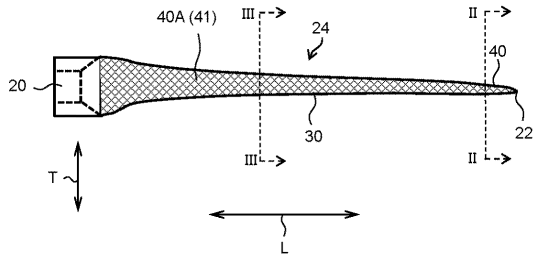
- 1 , 1 G , 1 H 三次元造形システム
- 2 貯留槽
- 3 光硬化性樹脂材料
- 4 昇降台
- 5 支え
- 6 スィーパー
- 7 照射装置
- 8 移動レール
- 9 樹脂積層装置
- 1 0 , 1 0 B , 1 0 G ロータブレード
- 2 0 翼根

40

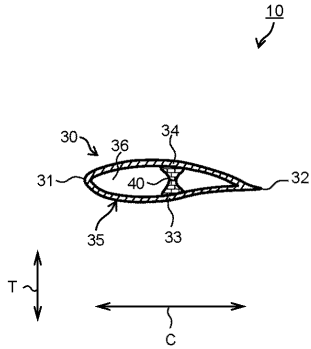
50

2 2	翼端	
2 4	翼本体	
3 0	外板部	
3 1	前縁	
3 2	後縁	
3 3	プレッシャ側部分	
3 4	サクシヨン側部分	
3 5	外面	
3 6	空間	
4 0 , 4 0 A , 4 0 B , 4 0 C , 4 0 D , 4 0 E	桁部	10
4 1	桁部	
4 4	キャピティ	
4 5	保持部分	
4 6	開口	
4 7	溝	
4 8	凹み	
5 0	ダウンコンダクタ	
5 1	本体部	
5 3	突出部	
6 0	レセプタ	20
6 2	貫通孔	
6 4	壁体	
7 0	延伸部	
7 2	結合部	
7 5	基本構造	
8 0	六角柱状空間	
8 2	平板状部分	
8 4	壁体	
8 5	貫通孔	
8 8	構造体	30
9 0	ロータ	
9 2	円板状部分	
9 3	円板状部分	
9 5	貫通孔	

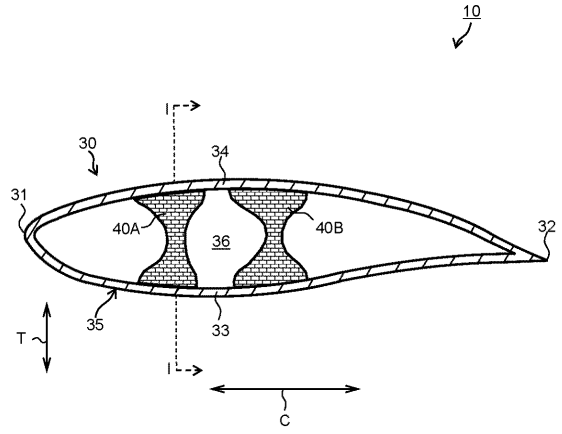
【 図 1 】



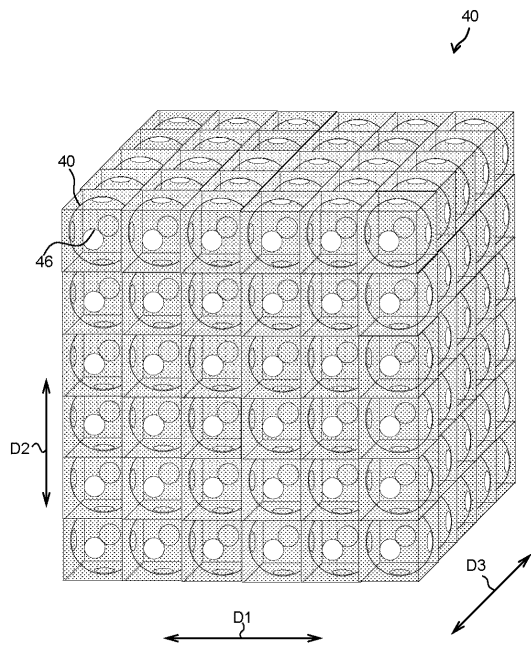
【 図 2 】



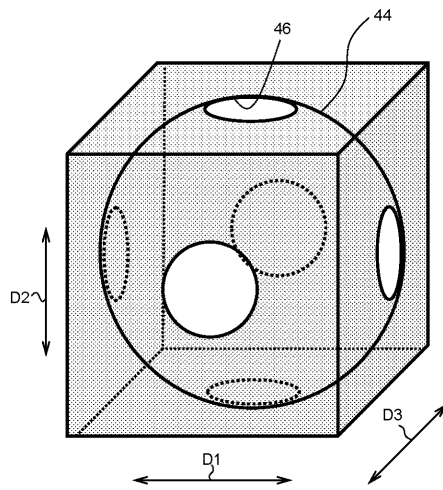
【 図 3 】



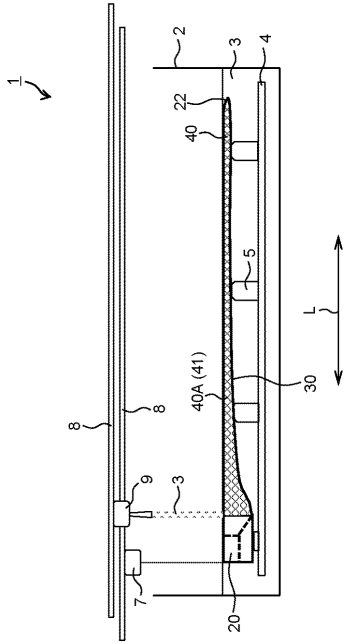
【 図 4 】



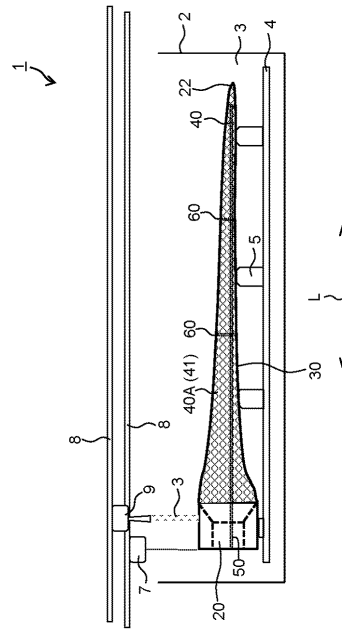
【 図 5 】



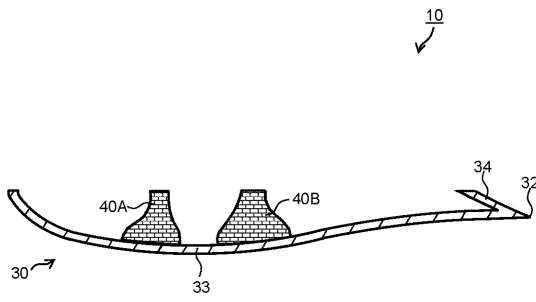
【 図 6 】



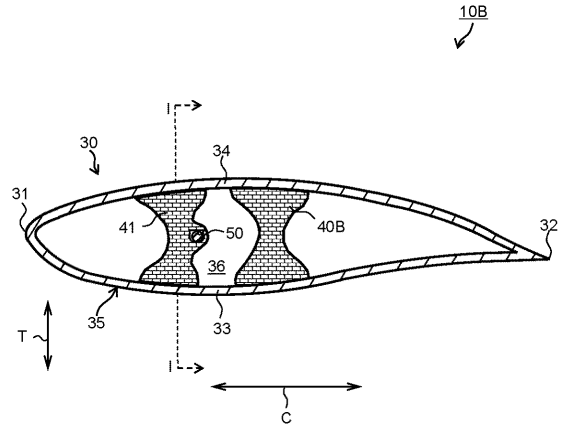
【 図 7 】



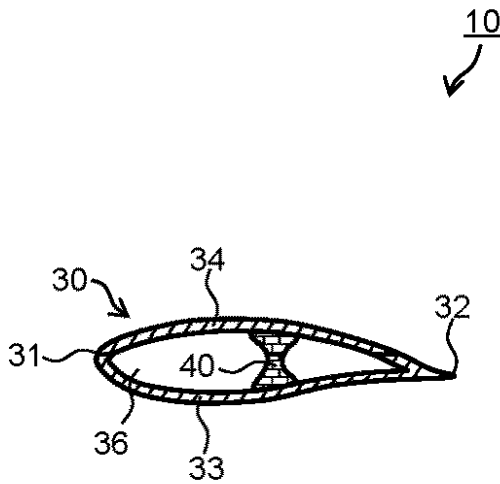
【 図 8 】



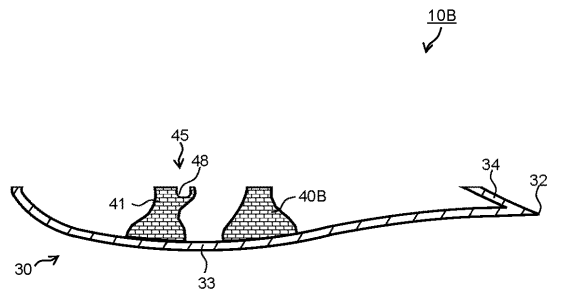
【 図 10 】



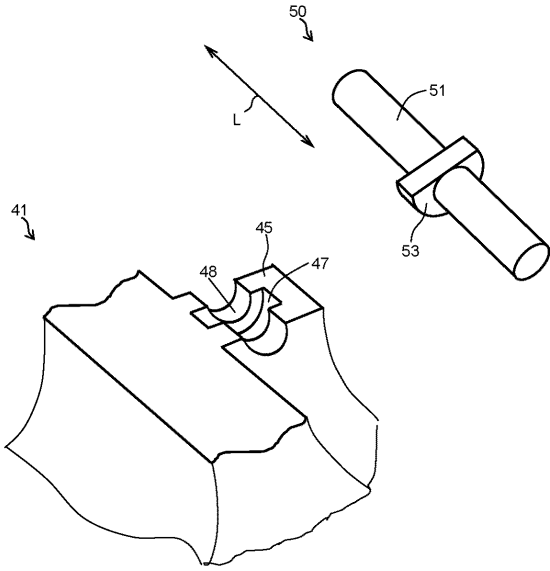
【 図 9 】



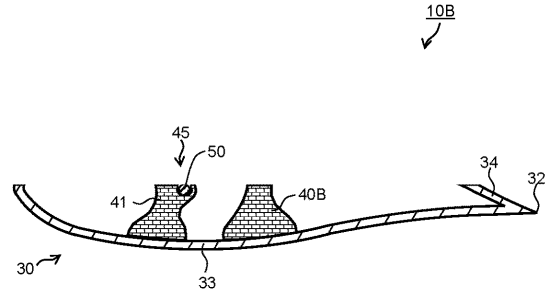
【 図 11 】



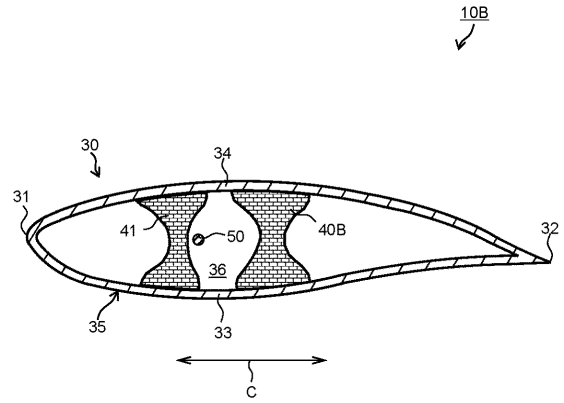
【 図 1 2 】



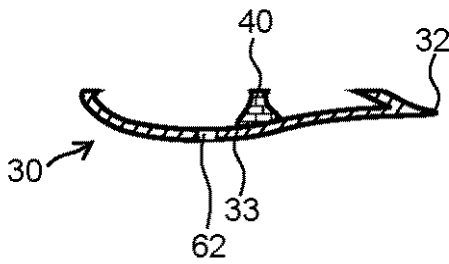
【 図 1 3 】



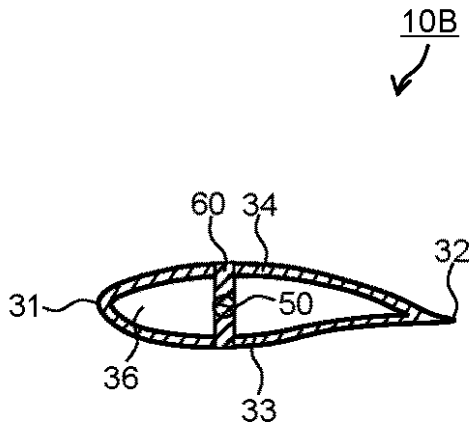
【 図 1 4 】



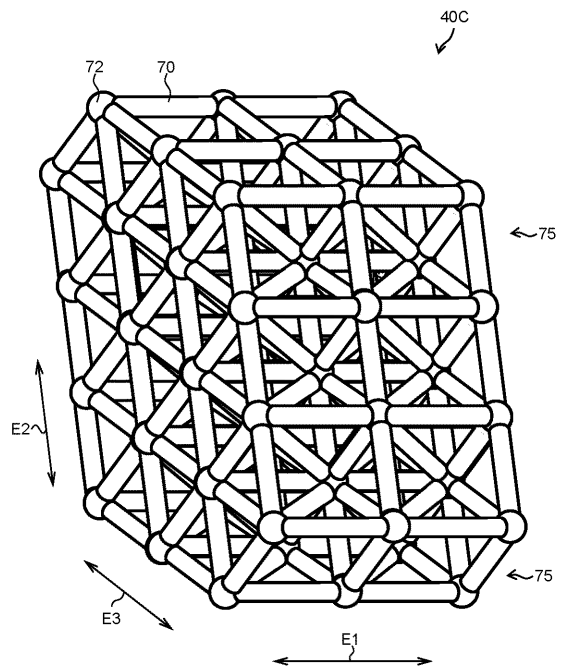
【 図 1 5 】



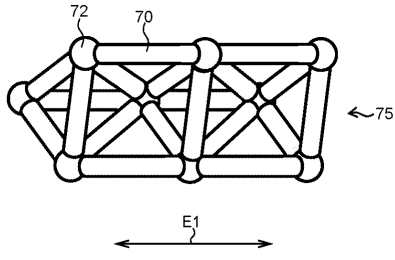
【 図 1 6 】



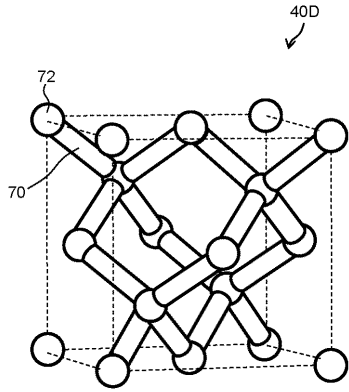
【 図 1 7 】



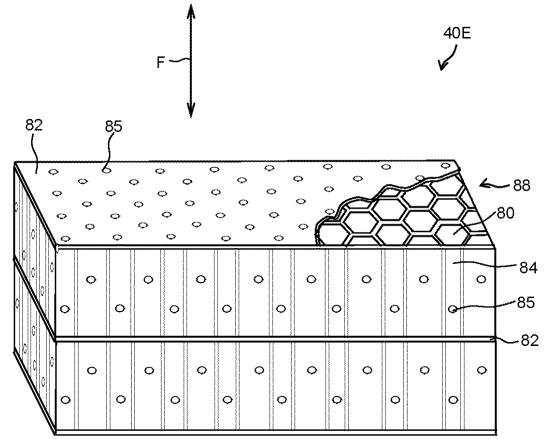
【 図 1 8 】



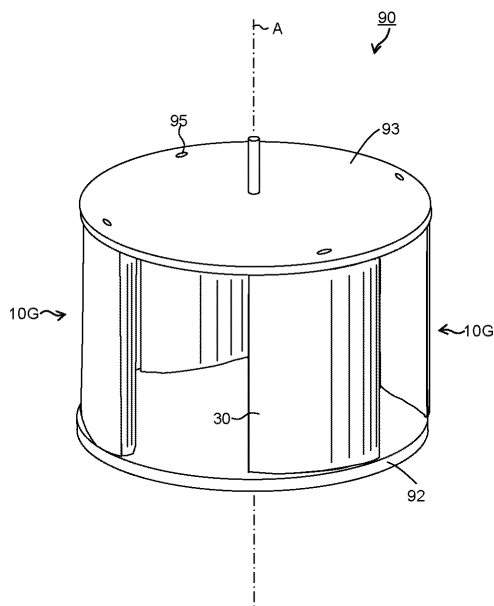
【 図 1 9 】



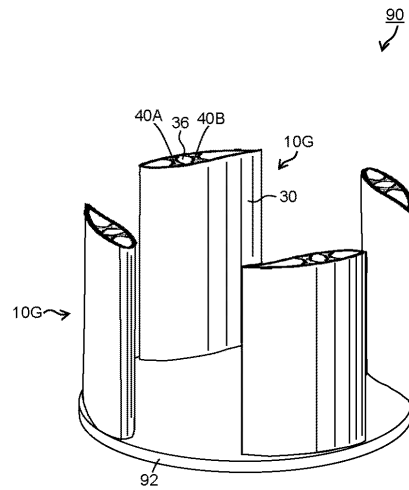
【 図 2 0 】



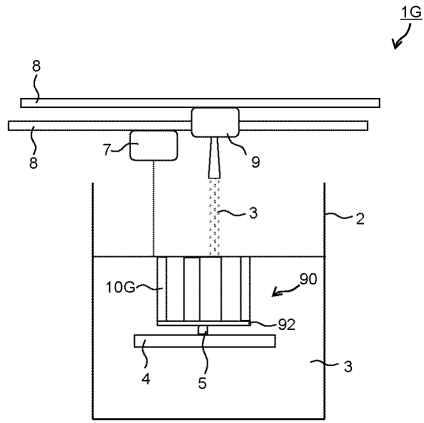
【 図 2 1 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】

