

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5597697号
(P5597697)

(45) 発行日 平成26年10月1日(2014. 10. 1)

(24) 登録日 平成26年8月15日(2014. 8. 15)

(51) Int. Cl.	F 1
F 0 3 D 1/06 (2006. 01)	F O 3 D 1/06 A
F 0 3 D 11/00 (2006. 01)	F O 3 D 11/00 A

請求項の数 14 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-509806 (P2012-509806)	(73) 特許権者	000006208
(86) (22) 出願日	平成23年12月9日(2011. 12. 9)		三菱重工業株式会社
(65) 公表番号	特表2013-533936 (P2013-533936A)		東京都港区港南二丁目16番5号
(43) 公表日	平成25年8月29日(2013. 8. 29)	(73) 特許権者	512041399
(86) 国際出願番号	PCT/JP2011/006903		オイロス・エントヴィックルングスゲゼル
(87) 国際公開番号	W02012/168990		シャフト・フュア・ヴィンドクラフトアン
(87) 国際公開日	平成24年12月13日(2012. 12. 13)		ラーゲン・ミット・ベシュレンクテル・ハ
審査請求日	平成25年5月29日(2013. 5. 29)		フツング
(31) 優先権主張番号	202011101634.3		ドイツ連邦共和国 13088 ベルリン
(32) 優先日	平成23年6月9日(2011. 6. 9)		ファルケンベルガーシュトラッセ 14
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)		6A/B
		(74) 代理人	110000785
			誠真IP特許業務法人

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 風車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

翼と、

ハブと、

前記ハブへの前記翼の取り付けに用いられ、内輪および外輪を含む軸受を備え、

前記翼は、前記内輪または前記外輪に接続されるとともに、複数の長手方向ボルトを挿入するために前記翼の複数の長手方向穴にそれぞれ連通する複数の穴を備えたピッチ軸受の前記内輪または前記外輪に前記翼が接続される接続部位の翼壁内に設けられて少なくとも1本のクロスボルトおよび前記複数の長手方向ボルトをそれぞれ受けるための一のクロス穴および前記複数の長手方向穴を含み、

前記長手方向ボルトは、前記翼の周に沿ってそれぞれ延在する複数の環状配列をなすように設けられると共に、前記翼壁内に、前記内輪および外輪の径方向である厚さ方向に沿って配置されることを特徴とする風車。

【請求項 2】

前記複数の長手方向ボルトは、前記翼壁内にその厚さ方向に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の風車。

【請求項 3】

複数の前記クロスボルトが、複数の前記クロス穴内に配置されるとともに、それぞれ、前記長手方向ボルトの少なくとも一部を受けるための少なくとも1つの穴を含み、

前記少なくとも1つの穴は、止まり穴または貫通穴であることを特徴とする請求項 2 に

記載の風車。

【請求項 4】

前記各長手方向ボルトは、それぞれ、独立したクロスボルト内に取り付けられることを特徴とする請求項 3 に記載の風車。

【請求項 5】

前記複数の長手方向ボルトは、1 本の前記クロスボルト内に取り付けられることを特徴とする請求項 3 に記載の風車。

【請求項 6】

前記複数のクロスボルトは、それらの背面に小さい平坦部を有することを特徴とする請求項 3 に記載の風車。

【請求項 7】

前記長手方向ボルトは、繊維強化材料で形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の風車。

【請求項 8】

前記長手方向ボルトは、前記翼の中に接合されることを特徴とする請求項 7 に記載の風車。

【請求項 9】

前記複数の長手方向ボルトの締め付けによる前記内輪と前記翼の接続の剛性は、前記外輪と前記ハブの接続の剛性に対応していることを特徴とする請求項 2 に記載の風車。

【請求項 10】

前記複数の長手方向ボルトの締め付けによる前記外輪と前記翼の接続の剛性は、前記内輪と前記ハブの接続の剛性に対応していることを特徴とする請求項 2 に記載の風車。

【請求項 11】

前記複数の長手方向ボルトは、複数の環状配列をなすように前記翼壁内に配置されており、

前記複数の環状配列は、前記翼の円周に沿って互いに一定距離を有することを特徴とする請求項 2 に記載の風車。

【請求項 12】

異なる前記環状配列に位置する複数の前記長手方向ボルトは、前記翼壁内において該翼壁の中心線と直交する直線上に配置されることを特徴とする請求項 11 に記載の風車。

【請求項 13】

異なる前記環状配列に位置する複数の前記長手方向ボルトは、前記翼壁の厚さ方向に交互に配置されることを特徴とする請求項 11 に記載の風車。

【請求項 14】

前記翼壁内に厚さ方向に配置される前記複数の長手方向ボルト間の距離は、翼根部における前記翼壁の厚さの 20% ~ 90% であることを特徴とする請求項 2 に記載の風車。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、風車翼の翼壁内に設けられ、複数のクロスボルトおよび長手方向ボルトのための複数のクロス穴および長手方向穴を有する風車に関する。ここで、少なくとも 1 つの長手方向ボルトは、軸受の内輪または外輪に翼を接続するために、翼壁の厚さ方向に配置されるものである。

【背景技術】

【0002】

通常、風車は、翼が接続エリア内にてその翼根部で接続されるハブ構造を有する。多くの風車は内輪および外輪を含む複数のピッチ軸受を有し、ピッチ軸受はこれに取り付けられた翼をその長さ方向の軸回りにそれぞれ回転させる。この場合、各回転翼は、対応するピッチ軸受の軸受リングのうち内輪または外輪に接続され、一方、ハブは他の軸受リングに接続される。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 3 】

風車翼は、風車全体のなかで最も応力を受ける構成要素の一つであるため、ハブやピッチ軸受の軸受リングのような風車の取り付け構造へ回転翼を接続することは極めて重要で且つ難しい課題である。翼の動作に起因して翼に作用する力は風車のハブへ伝わる。そのため、風車翼の接続部およびその周辺部材は、大きな歪みや荷重がかかる状態におかれ、疲労強度や材料破壊強度が低下しやすくなる。風車は大型化する傾向にあり、これに伴って風車翼もまた長翼化しており、したがって風車翼における接続部の構造設計はますます重要となってきた。

【 0 0 0 4 】

回転翼のセグメント間における相互接続と同様に、例えばハブ、翼軸受リング、アダプタあるいは拡張部分のような風車の取り付け構造へ回転翼を接続するために、回転翼の翼壁の穴に挿入される長手方向ボルトおよびクロスボルトの組み合わせが多く用いられる。これは、簡単で且つ高荷重に対しても信頼性が高いことから実用化されその手法は確立されている。

【 0 0 0 5 】

その最も単純化されたバージョンは、“Wind power plants” (Erich Hau 1996, 2. Edition, Springer

Verlag, Heidelberg New York, pp. 206-209) にて説明されている。この手法では、翼を構成する翼壁に垂直にいわゆるクロス穴と呼ばれる複数の穴が設けられ、このクロス穴に連通して翼壁内にいわゆる長手方向穴と呼ばれる複数の穴が設けられる。クロスボルトはクロス穴に挿入される。これらのクロスボルト内に長手方向ボルトが挿入され、ハブのフランジに回転翼が支持されるようになっている。長手方向ボルトは、ボルト頭部の応力によって直接的に、あるいはスタッドボルトとして用いられる長手方向ボルトにおいてはナットの使用によって間接的に、プレストレスがかけられていてもよい。

【 0 0 0 6 】

構成要素の大きさおよび重さに対して伝達荷重を適切な割合とするために、所定の翼壁長さに対してより多くの長手方向ボルトを用いるようにした手法は、複数の特許または特許出願で開示されている。

【 0 0 0 7 】

ドイツ特許明細書第 1 9 7 3 3 3 7 2 号には、長手方向ボルトを用いてハブの T 字型フランジに翼を接続するために、2 列の止まり穴の内部にクロスボルトを配置した構成が開示されている。クロスボルトが配置されるこれらの止まり穴は、内側と外側の両方から穿孔する必要があるため、結果的に高度な製造能力が求められる。さらにまた、止まり穴の端部にノッチ応力を低減するような剛性も必要となる。この配置による他のデメリットとして、長手方向ボルト間にかなりの距離を要する点がある。このため、適切な接続を確保するためには、長手方向ボルトにかなりの大きさが必要となる。

【 0 0 0 8 】

ドイツ登録特許第 1 0 3 2 4 1 6 6 号には、1 本のクロスボルトに対して翼壁の外側に 2 本の長手方向ボルトが割り当てられた構成が記載されている。上述したように長手方向ボルト間の距離を大きくしなければならないといったデメリットは、特にこの構成に当てはまる。またクロスボルトを長くするには極めて大きい直径が必要となるが、高品質化が要求される中でこのようなボルトの製造は容易ではない。さらに、クロスボルトの直径が大きくなることから、隣接したボルト群までの距離を広げなければならない。このようにして、限られた量のボルトのみで規定長さに適応させている。

【 0 0 0 9 】

ピッチ軸受の内輪または外輪への翼の接続は、ハブへの翼接続より困難である。通常、ハブは鋳鋼で形成されており、その形状によって、翼から伝わる大きな荷重の支持を補助する。一方、軸受リングは、翼からハブへ伝わる大きな荷重によって、より損傷しやすいリング形状を有している。

【 発明の概要 】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0010】

本発明は、上述の問題を解消した翼の接続構造を提供することを目的とし、特に、翼と軸受リング間の接続における強度および荷重伝達の改良を目的とする。同時に、本発明における接続構造は、製造および適用が容易である。本発明はさらに、風車の軸受リングの変形のように相互に関連した問題を回避可能な、接続構造における荷重伝達の改良を目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記目的は、ピッチ軸受の内輪または外輪に翼を接続する際に、翼壁の厚さ方向に配置される少なくとも1本の長手方向ボルトの適用によって実現される。この接続構造のために、翼は、その翼壁内に設けられたボルト挿入用の複数の穴を有する。これらの穴は、長手方向ボルトを受けるために翼の長手方向に設けられた穴と、クロスボルトが挿入される、翼の厚さ方向に設けられた穴である。ここで、「厚さ方向」とは、翼壁の断面における横断方向(transverse direction)または横方向(cross direction)をいう。このとき、対向する翼壁の断面は含まれない。具体的には、厚さ方向は、翼壁断面の中心軸に実質的に直交する方向であってもよい。翼壁が一定の厚さを有する翼の場合、厚さ方向は、翼壁に実質的に直交する。

【0012】

翼は、翼壁内に設けられたクロス穴および長手方向穴にそれぞれ挿入されるクロスボルトおよび長手方向ボルトによって、内輪または外輪に接続される。本発明の好ましい態様として、少なくとも2本の長手方向ボルトが、厚さ方向に互いに並んで取り付けられる。したがって、複数の長手方向ボルトが、翼壁断面内で厚さ方向に配置される。これにより、翼と内輪または外輪とが強固に接続される。厚さ方向に1本以上の長手方向ボルトを配置することによって、力が伝達される翼の横方向における翼と内輪または外輪との接続構造の長さが長くなる。2点間の接続の代わりに複数点で接続することで、接続構造の強さおよび寿命を向上させることができる。長期的には、軸受の変形のような、翼とハブの間で伝達される高荷重によって生じる問題を抑制することができる。

【0013】

言い換えれば、この接続構造の接続部材は特にコンパクトな配置となっており、接続部材をほとんど同じ寸法に維持しながら、より大きな静的および動的荷重が伝達されるように、より一層多くの接続部材を配置することができる。また、製造および物流の優位性を実現するために、同等の耐荷重を維持しながら構成要素の寸法を大幅に低減することを可能としている。好ましくは、長手方向ボルトは、隣接した機器に特に近接して配置されるかあるいは翼の内部に配置され、全てが同一の構造を有する。長手方向ボルトの複数の配列を構成要素の壁の内部に厚さ方向に設けることによって、接続要素を極めて密接して配置することができる。

【0014】

さらなる態様として、クロスボルトは、クロス穴内に配置されるとともに、長手方向ボルトの少なくとも一部、すなわち長手方向ボルトの先端部が挿入される少なくとも1つの穴を有する。クロスボルトの内部に形成される穴は、止まり穴であってもよいし、貫通穴であってもよい。好ましくは、各長手方向ボルトは、独立したクロスボルトにそれぞれ取り付けられる。

別の態様として、複数の長手方向ボルトが1本のクロスボルト内に配置されてもよい。1本のクロスボルトが、厚さ方向に複数の長手方向ボルトを受け入れることができるように、クロスボルトが挿入されるクロス穴は翼の厚さ方向に設けられることが好ましい。また、好ましい態様として、クロス穴に挿入されるクロスボルトは、その背面に小さな平坦面を有する。クロスボルトの平坦面は、その製造を容易にすることができる。

【0015】

本発明のさらなる態様として、少なくとも1本の長手方向ボルトは、繊維強化材料で形

10

20

30

40

50

成され、好ましくは、炭素繊維強化プラスチックで形成される。繊維強化材料はスチールより剛性が劣るものの、高強度で軽量であり、また長さ方向に可撓性がある。標準的なスチールのボルトの代わりに繊維強化材料で形成されたボルトを利用した場合、こういった材料特性は特異な優位性をもたらす。

【 0 0 1 6 】

長さ方向における高い可撓性によって僅かなプレテンション力はなくなる。材料が高強度であることによって接続構造はより強固となり、繊維強化材料で形成されるボルトの疲労寿命を長くし、よって接続構造を長寿命化する。加えて、この高い強度によって、径は大きい低強度である従来の標準的なボルトと比べたとき、接続構造を同強度に保ちながらボルトの直径をより小さくすることができる。従来のボルトに勝る他の有利な点として、繊維強化材料で形成されるボルトは軽量であり、且つ腐食の問題を回避可能な点が挙げられる。

10

【 0 0 1 7 】

好ましくは、繊維強化材料で形成される少なくとも1本の長手方向ボルトは、ねじ山を有している。このとき、翼壁内の穴は、翼壁内部に形成されたねじ山、あるいは1つの穴に長手方向ボルトが挿入された時に長手方向ボルトの端部が螺合するねじ山を有してもよい。好ましい態様として、繊維強化材料で形成される長手方向ボルトは、長手方向ボルトが穴に完全に挿入された時、内輪または外輪の内側に位置するボルトの一部分にのみねじ山が設けられている。翼の内部またはクロスボルトの内部に位置するボルトの部位には、ねじ山が存在しない。接続構造を補強する目的で、翼またはクロスボルト内において、繊維強化材料で形成される長手方向ボルトはその周囲構造に接合されてもよい。これは、翼自体が通常、繊維強化材料を含むので、高い接合強度を確保するためにより効果的である。

20

【 0 0 1 8 】

さらに好ましい態様として、翼と内輪の接続構造の剛性は、翼の厚さ方向に挿入される複数の長手方向ボルトの締結によって、外輪とハブの接続構造の剛性に対応している。ここで、構成要素の「剛性」とは、一般に、構成要素に作用する力またはトルクによって生じる曲げまたは変形に対する構成要素の抗力をいう。この剛性は、例えば弾性的ように、構成要素の形状または材料特性に依存する。2つの構成要素同士の接続構造における剛性は、例えば材料や形状、およびその種類や接続構造自体の強度等のように2つの構成要素の剛性に依存する。また、別の態様として、翼は外輪に接続されてもよい。この場合、翼と外輪の接続構造の剛性は、内輪とハブの接続構造の剛性に対応する。

30

【 0 0 1 9 】

風車のピッチ軸受の接続構造においては、2つの接続構造、すなわち一方の軸受リングへの翼の接続と、他方の軸受リングへのハブの接続とについて考慮する必要がある。この2つの接続の剛性が実質的に異なる場合、荷重伝達においては明らかに不利となる。剛性の相違は、応力の増加、軸受への歪み、疲労強度の低下、および材料の摩耗をもたらす。その結果、接続構造によって高荷重が伝達されるので、通常、軸受リングの変形、特に翼へ接続される軸受リングの変形が生じる。他方の軸受リングとハブの接続構造の剛性に対応させるように、一方の軸受リングと翼の接続構造の剛性を調整することによって、上述した軸受リングの変形を回避できる。

40

【 0 0 2 0 】

さらなる態様として、厚さ方向に配置される複数の長手方向ボルトは、翼壁に形成される長手方向穴に対応した複数の環状配列に沿って配置される。好ましくは、翼壁は、長手方向ボルトが挿入される複数の長手方向穴の2つの環状配列を含む。この配列は、翼の全周にわたって延在することから環状とされる。環状配列は、翼の全周にわたって、互に一定間隔で設けられることが好ましい。

【 0 0 2 1 】

好ましくは、異なる配列の長手方向ボルトは、翼壁の中心軸に直交する直線に沿って翼壁内に配置される。あるいは、異なる環状配列の長手方向ボルトは、翼の厚さ方向におい

50

て交互に配置される。

【 0 0 2 2 】

本発明のさらなる態様として、翼壁内に厚さ方向に配置される長手方向ボルト間の距離は、翼根部における翼壁厚さに対して 20 % ~ 90 % の間、好ましくは 30 % ~ 80 % の間、より好ましくは 40 % ~ 70 % の間とする。ここで、距離とは、厚さ方向における、隣り合う 2 本のボルトの中心間の距離をいう。長手方向ボルト間の距離を短くすることによって、より多くの長手方向ボルトを配置することができ、したがって、接続される構成部材が同一の外径であっても荷重伝達能力を改善することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 3 】

【図 1】翼壁およびピッチ軸受の内輪を示す断面図である。

【図 2】翼壁およびピッチ軸受の内輪を示す断面図である。

【図 3】翼壁およびピッチ軸受の内輪を示す側面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 4 】

以下、概略図を参照して、本発明について説明する。

図 1 は、風車の厚さ方向 22 における翼壁 11 およびピッチ軸受の内輪 17 を示す断面図である。翼壁 11 は、クロスボルトが挿入されるクロス穴 12 を含む。本発明のこの実施形態においては、クロス穴 12 には 2 つのクロスボルト 13 a , 13 b が配置されている。クロスボルト 13 a , 13 b の内面側は互いに接している。さらに、翼壁 11 は、長手方向ボルトが挿入される長手方向穴を含む。長手方向ボルトは、翼の円周に沿ってそれぞれ延在する 2 列の円環状配列に沿って配置される。この 2 列の配列は、翼壁 11 の厚さ方向 22 に前後に並んで設けられており、各配列内に長手方向ボルトが一定間隔で配置されている。図 1 において、2 つの長手方向穴 15 a , 15 b、すなわち各円環状配列における 1 つの長手方向穴には、1 本の長手方向ボルト 16 a , 16 b がそれぞれ配置されている。長手方向ボルト 16 a , 16 b が長手方向穴 15 a , 15 b 内に配置された時に、穴 15 a , 15 b の内面と長手方向ボルト 16 a , 16 b の間に適切な隙間 23 が形成されるように、穴 15 a , 15 b および長手方向ボルト 16 a , 16 b が配置されている。2 つの異なる円環状配列に位置する長手方向ボルト 16 a , 16 b は、翼壁 11 の中心軸に沿って翼壁 11 内に配置されており、よって、翼壁 11 の厚さ方向 22 に配置されている。各長手方向ボルト 16 a , 16 b は、それぞれ別のクロスボルト 13 a , 13 b 内に取り付けられる。長手方向ボルト 16 a , 16 b の一部を受け入れるために、クロスボルト 13 a , 13 b は、それぞれ 1 つの穴 14 a , 14 b を有している。この実施形態においては、長手方向ボルト 16 a , 16 b の一部が挿入されるクロスボルト 13 a , 13 b 内の穴 14 a , 14 b は止まり穴となっている。そして、各長手方向ボルト 16 a , 16 b の端部 16 a a , 16 b a だけがクロスボルト 13 a , 13 b 内に挿入される。これらの端部 16 a a , 16 b a はねじ山が形成されており、穴 14 a , 14 b 内に形成されたねじ山と対応させてねじ止めされる。

【 0 0 2 5 】

翼壁 11 内のクロスボルト 13 a , 13 b および長手方向ボルト 16 a , 16 b の配置によって、翼は、ピッチ軸受の内輪 17 に接続される。したがって、内輪 17 は、長手方向ボルト 16 a , 16 b が挿入される 2 つの長手方向穴 18 a , 18 b を含む。具体的に、内輪 17 は、長手方向ボルト 16 a , 16 b およびナット 21 a , 21 b によって翼壁 11 に固定されてもよい。

【 0 0 2 6 】

図 2 は、本発明の他の実施形態における厚さ方向 22 の翼壁 11 およびピッチ軸受の内輪 17 を示す断面図である。翼壁 11 内では、1 本のクロスボルト 13 が 1 つのクロス穴 12 内に配置され、繊維強化材料で形成される 2 本の長手方向ボルト 20 a , 20 b が 2 つの長手方向穴 15 a , 15 b 内に配置されている。繊維強化材料で形成される 2 本の長手方向ボルト 20 a , 20 b は、共に 1 本のクロスボルト 13 に取り付けられる。このた

10

20

30

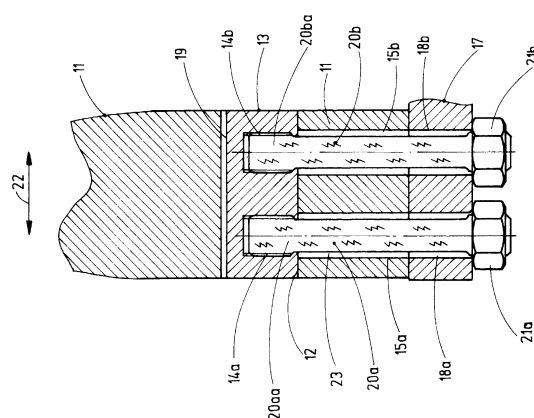
40

50

【 0 0 2 7 】

10

【 図 2 】



フロントページの続き

(72)発明者 ゴイフェルト・ベルント

ドイツ連邦共和国 13088 ベルリン ファルケンベルガーシュトラッセ 146A/B オ
イロス・エントヴィックルングスゲゼルシャフト・フュア・ヴィンドクラフトアンラーゲン・ミッ
ト・ベシュレンクテル・ハフツング内

(72)発明者 クレーマー・アンドレアス

イギリス国 W1K6WL グレーター・ロンドン ロンドン ノース・オードリー・ストリート
20 ミツビシ・パワー・システムズ・ヨーロッパ・エルティディ内

審査官 所村 陽一

(56)参考文献 特表2009-536704(JP,A)

米国特許第06371730(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F03D 1/06

F03D 11/00