

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6165841号  
(P6165841)

(45) 発行日 平成29年7月19日(2017.7.19)

(24) 登録日 平成29年6月30日(2017.6.30)

(51) Int.Cl.

F01D 9/02 (2006.01)

F 1

F O 1 D 9/02 1 O 1

請求項の数 8 (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2015-506171 (P2015-506171)  
 (86) (22) 出願日 平成25年4月5日 (2013.4.5)  
 (65) 公表番号 特表2015-519501 (P2015-519501A)  
 (43) 公表日 平成27年7月9日 (2015.7.9)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2013/057170  
 (87) 國際公開番号 WO2013/156322  
 (87) 國際公開日 平成25年10月24日 (2013.10.24)  
 審査請求日 平成26年12月5日 (2014.12.5)  
 (31) 優先権主張番号 12164299.5  
 (32) 優先日 平成24年4月16日 (2012.4.16)  
 (33) 優先権主張国 歐州特許庁 (EP)

(73) 特許権者 508008865  
 シーメンス アクティエンゲゼルシャフト  
 ドイツ国 80333 ミュンヘン ヴィ  
 ッテルスバッヘルプラツツ 2  
 (74) 代理人 100108453  
 弁理士 村山 靖彦  
 (74) 代理人 100089037  
 弁理士 渡邊 隆  
 (74) 代理人 100110364  
 弁理士 実広 信哉  
 (72) 発明者 クリストフ・ヘルマン・リヒター  
 ドイツ・49477・イッベンビューレン  
 ・カンプシュトラーセ・37

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】軸流流体機械のための静翼リングおよび静翼リングの設計法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

静翼リング(2)と該静翼リング(2)の下流に設けられた動翼リング(20)とを備える軸流流体機械(1)のための段(22)の設計法であつて、以下のステップ、すなわち、

静翼リング(2)の周囲に亘って規則的に設けられた静翼(3)を有する静翼リング(2)を、空気力学的かつ機械的な境界条件に従ってプロファイルするステップと、

少なくとも1つの静翼(3)の少なくとも1つのプロファイル断面を周方向にずらすステップであつて、それによって、少なくとも1つの静翼(4)とこれに隣り合つて設けられた静翼(4)のピッチ角(13)が翼高に亘つて変わるようにして、前記軸流流体機械(1)の駆動時に、前記静翼リング(2)の下流に形成された排出流が、前記軸流流体機械の周囲に亘つて不規則に形成されていて、動翼リング(20)の動翼(19)の振動励起が少なくなるようにするステップと、

を有する方法。

## 【請求項 2】

少なくとも1つの前記プロファイル断面のずらしは、隣り合つて設けられた前記両静翼(4)の各々で、前記両静翼(3)間の流路(14)の周方向における延伸の最大10%になるずらし経路で行われる、請求項1に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記プロファイル断面は、前記静翼(4)が、これに隣り合つて設けられた静翼(4)

10

20

に対して傾くようにずらされる、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記プロファイル断面は、隣り合って設けられた 2 つの静翼 (4) の少なくとも 1 つが、湾曲して実施されるようにずらされる、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

プロファイル断面がずらされている前記静翼 (4) は、前記軸流流体機械の軸 (11) 周りに対称的に配分されて設けられる、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記動翼 (19) のいずれの固有振動数も、前記軸流流体機械 (1) の回転振動数あるいは回転振動数の 8 倍以内の回転振動数の倍数に一致しないように、前記静翼 (3、4) が設計される、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の方法。 10

【請求項 7】

前記プロファイル断面は、軸が前記軸流流体機械 (1) の前記軸 (11) と一致する円柱面上あるいは円錐面上にあり、あるいは S<sub>1</sub> 流れ面上あるいは前記軸流流体機械 (1) の接平面にある、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

少なくとも 1 つの前記プロファイル断面を、ずらされた後に変化した空気力学的境界条件に適合させるステップを有する、請求項 1 ~ 7 のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、軸流流体機械のための静翼リングと、軸流流体機械と、静翼リングの設計法に関する。

【背景技術】

【0002】

蒸気タービンにおいては、回転エネルギーを生み出すために、水蒸気が減圧される。蒸気タービンは複数の段を備え、各段は複数の静翼を有する静翼リングと、複数の動翼を有する動翼リングとを備える。動翼は蒸気タービンのシャフトに取り付けられており、蒸気タービンの駆動時に回転する。静翼は蒸気タービンのハウジングに取り付けられており、動かない。翼は、蒸気タービンの駆動時に、振動を励起されかねない。振動は、翼の翼基端部に振動節が設けられていることによって、際立っている。振動による引張負荷は、特に翼基端部で大きいので、翼基端部で材料疲労が起こりかねず、静翼のコストのかかる交換が必要となる。 30

【0003】

隣り合って設けられたそれぞれ 2 つの静翼の間に、蒸気タービンの駆動時に水蒸気が流れる流路が形成されている。静翼リングの下流の流速分布は、静翼の後縁部の領域に、後流窪みと呼ばれる局所的な流速最小値を備える。後流窪みは、静翼リングの下流に設けられた動翼に振動を励起しかねない。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

40

【0004】

本発明の課題は、軸流ターボ機械のための段と、当該段を有する軸流ターボ機械と、当該段の設計法とを提供することであり、上述の問題は解決され、かつ当該段の動翼の耐久年数は長くなる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

静翼リングと当該静翼リングの下流に設けられた動翼リングとを備える軸流流体機械のための段の、本発明に係る設計法は、以下のステップを備える。すなわち、静翼リングの周囲に亘って規則的に設けられた静翼を有する静翼リングを、空気力学的かつ機械的な境界条件に従ってプロファイルするステップと、少なくとも 1 つの静翼の少なくとも 1 つの

50

プロファイル断面を周方向にずらすステップであって、それによって、少なくとも1つの静翼とこれに隣り合って設けられた静翼のピッチ角が翼高に亘って変わるようにして、軸流流体機械の駆動時に、静翼リングの下流に形成された排出流が、軸流流体機械の周囲に亘って不規則に形成されていて、動翼リングの動翼の振動励起が少なくなるようにするステップとである。

【0006】

プロファイルの際に、様々なプロファイル断面が、境界条件に従って設計される。各静翼はプロファイル断面から構成され、各プロファイル断面にはスレッディングポイント(threading point)が割り当てられており、すべてのプロファイル断面は、そのスレッディングポイントでスレッディングライン(threading line)に「数珠つなぎにされて」(threaded)いる。本発明に従えば、少なくとも1つのプロファイル断面がずらされるので、少なくとも1つのプロファイル断面のスレッディングポイントは、もはや元のスレッディングライン上にはない。

【0007】

ピッチ角とは、軸流流体機械の軸上の共通の点から出て、軸に対して垂直に延在し、隣り合って設けられた両静翼の表面上の対応する点で終わる2つの接続線の間の角度である。対応する2つの点とは、軸流流体機械の軸からの半径方向の距離が同じであり、それぞれ静翼の同じ位置に設けられている、すなわちたとえば、それぞれの静翼の正圧側面あるいは負圧側面あるいは前縁部あるいは後縁部に1つの点が設けられている2つの点のことである。周囲に亘って規則的に設けられた静翼を有する静翼リングでは、ピッチ角は公称ピッチ角 $2\pi / n$ であり、 $\pi$ は円周率であり、 $n$ は静翼リングに設けられた静翼の数である。

【0008】

動翼は、異なる2つの振動励起メカニズム、すなわち、フラッタと強制振動とにさらされかねない。フラッタとは、エネルギーが流れから動翼の振動に伝達される自励振動のことである。フラッタは、ひとりでに大きくなりかねないわずかな翼振動によって励起されるので、翼は続く各振動周期に伴って、より大きく振動する。これは、動翼の破断に至りかねない。ピッチ角が変わることによって、隣り合って設けられた2つの流路では、流れの別の転向角がもたらされ、それによって、静翼リングから動翼リングへの流れ込みが、軸流流体機械の周囲に亘って不規則に形成される。これによって回転中の動翼の負荷が変化し、それによってフラッタが有利に減少する。

【0009】

強制振動は、動翼の周期的な励起によってもたらされる。隣り合って設けられた2つの静翼の間には、軸流流体機械の流体が流れることのできるそれぞれ1つの流路が形成されている。両流路に配設された後流窪みは、変化するピッチ角によって、異なる形状と周方向位置を有する。軸流流体機械の駆動時に、下流に設けられた動翼は後流窪みに没し、それによって動翼は、当該動翼の振動励起に至りかねない非定常流を受ける。後流窪みが周囲に亘って不均一化されていることによって、振動励起が非周期的に起こり、それによって動翼の強制振動は、同様に有利に弱くなる。

【0010】

少なくとも1つのプロファイル断面のずらしは好ましくは、隣り合って設けられた両静翼の各々で、両静翼間の流路の周方向における延伸の最大10%になるずらし経路で行われる。プロファイル断面は好ましくは、静翼が、これに隣り合って設けられた静翼に対して傾くようにずらされる。この場合、ピッチ角は、翼高に亘って直線的に変わる。

【0011】

好ましくはプロファイル断面は、隣り合って設けられた2つの静翼の少なくとも1つが、湾曲して実施されるようにずらされる。ここではピッチ角は、翼高に亘って非直線的に変わる。プロファイル断面がずらされている静翼は、好ましくは軸流流体機械の軸周りに対称的に配分されて設けられる。それによって、静翼リングから下流への流れは対称的である。

10

20

30

40

50

## 【0012】

静翼は好ましくは、当該動翼のいずれの固有振動数も、軸流流体機械の回転振動数あるいは回転振動数の8倍以内の回転振動数の倍数に一致しないように、設計される。それによって有利に保証されるのは、軸流流体機械の駆動時に、軸流流体機械の回転と動翼の振動との結合が起こらないことである。結合によって、流れから振動へのエネルギー入力が大きくなりかねない。

## 【0013】

好ましくはプロファイル断面は、軸が軸流流体機械の軸と一致する円柱面上あるいは円錐面上にあり、あるいはS<sub>1</sub>流れ面上あるいは軸流流体機械の接平面にある。S<sub>1</sub>流れ面は、軸流流体機械の周方向と軸方向とに延伸し、かつ理想化された流れが従う面を説明する。本方法は好ましくは、少なくとも1つのプロファイル断面を、ずらされた後に変化した空気力学的境界条件に適合させるステップを備える。

10

## 【0014】

本発明に係る段は、本発明に係る方法で設計されている。本発明に係る軸流流体機械は特に、軸流流体機械の、下流にある最終段としての段を備える。軸流流体機械の最終段動翼は、軸流流体機械で半径方向に最も長い延伸を有する動翼であり、それによって振動励起を特に起こしやすい。動翼の非周期的な振動励起は、それによって特に最終段において有利である。

## 【0015】

以下において、本発明に係る段の好ましい実施形態が、添付の概略図に基づいて説明される。図に示されるのは以下である。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0016】

【図1】本発明に係る段の静翼リングの一の実施形態の部分的な上面図である。

【図2】本発明に係る段の静翼リングの一の実施形態の部分的な上面図である。

【図3】本発明に係る段の静翼リングの一の実施形態の部分的な上面図である。

【図4】本発明に係る段の縦断面図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0017】

図1～図3までから明らかなように、軸流流体機械1は、静翼リング2とハウジング7とを備える。静翼リング2は複数の静翼3、4を備え、静翼3、4の各々は、翼基端部5と翼先端部6と正圧側面9と負圧側面10とを備える。静翼3、4の各々は、その翼先端部6でハウジングに、その翼基端部5でハブリング8に固定されて取り付けられている。隣り合って設けられた2つの静翼3、4の間に、作動流体が流れることのできる流路14が形成されている。図1～図3においてそれぞれ、静翼3、4の後縁部が表わされている。

30

## 【0018】

図3において、例示的に、軸流流体機械1のピッチ角13が表わされている。隣り合って設けられた両静翼3、4には、静翼3、4の後縁部上のそれぞれ1つの表面点15が表わされている。その際両表面点15は、軸流流体機械1の軸11への距離が同じである。同様に図3において、それぞれ両表面点15から出て、軸流流体機械1の軸11に対して垂直に延在し、軸流流体機械1の軸11上の同じ点でそれぞれ終わる2つの接続線16が示されている。両接続線16は、ピッチ角13を成す。

40

## 【0019】

図1～図3において、少なくとも1つのプロファイル断面がずらされる前の静翼リング2と、少なくとも1つのプロファイル断面がずらされた後の静翼リング2が表わされている。図1～図3において、ずらされる前の静翼3（実線）とずらされた後の静翼4（破線）とが示されている。静翼3は、各静翼3と各表面点15について、同じピッチ角13つまり公称ピッチ角12を備えることで際立っている。公称ピッチ角12は $2 \times \pi / n$ となり、nは静翼リング2の静翼3の数で、 $\pi$ は円周率である。

50

## 【0020】

図1において、プロファイル断面は、静翼4が静翼3と比べて傾いているようにずらされている。その際ずらされた後の静翼リング2は、隣り合って設けられた静翼4のそれぞれ同じペアを備える。このペアは、当該ペアの1つの静翼4の翼基端部5が静翼リング2の周方向にずらされており、翼先端部6がこの周方向とは逆を向いている別の周方向にずらされていることで際立っている。ペアの別の静翼4は、ペアのもう1つの静翼4とは逆に傾き、すなわちペアの別の静翼4の翼基端部5は別の周方向にずらされ、別の静翼4の翼先端部6はもう1つの周方向にずらされる。そのようにして設けられた静翼4は、翼高に亘ってピッチ角13の直線状のヴァリエーションをもたらし、すなわち軸流流体機械1の軸11からの半径方向の距離に関係なくもたらす。図1において静翼リング2は完全に、同じペアによって形成されている。同様に考えられ得るのは、静翼リング2が当該ペアとプロファイル断面がずらされていない静翼3とから交互に形成されていることである。その際、それぞれ2つのペアの間に1つの静翼3あるいは複数の静翼3が備わっていてよく、静翼3が1つだけ備わっていれば、空気力学的結合の妨害がより効果的である。

## 【0021】

図2の静翼リング2は同様に、静翼4のペアを備える。このペアの静翼4は、当該静翼4が腹部を備えるように湾曲している。その際、ペアの静翼4の1つは1つの周方向に腹部を備え、ペアの別の静翼4は別の周方向に腹部を備える。同様に考えられ得るのは、静翼4が、静翼3の同じ側に周方向にあるいは静翼4の両側に周方向に設けられている複数の腹部を備えることである。さらに可能なのは、空気力学的結合を特に効果的に妨げるために、腹部の形状を静翼4ごとに変えることである。静翼4が湾曲して実施されていることによって、ピッチ角13は翼高に亘って非直線的に変わる。図2においても、静翼リング2は完全にペアから形成されており、ここでも考えられ得るのは、2つのペアの間に1つあるいは複数の静翼3が設けられていることである。同様に考えられ得るのは、湾曲して実施されている静翼4と静翼3とが交互に設けられていることである。

## 【0022】

図3において、静翼リング2の1つおきの静翼3、4が、対応する静翼3と比べて傾いている。このように傾いた静翼4は、その翼基端部5が1つの周方向もしくは別の周方向に交互にずらされ、その翼先端部6が別の周方向もしくはもう1つの周方向に交互にずらされている。図1～図3において、静翼3に対する静翼4の偏差は、周方向での流路14の使用可能な延伸の最大10%である。静翼3のプロファイル断面が周方向にずらされることによって、偏差が生まれる。その際静翼3のプロファイル断面は、軸11周りに対称的な円柱面上あるいは円錐面上にあってよく、あるいは軸流流体機械1の接平面あるいはS<sub>1</sub>流れ面にあってよい。

## 【0023】

図4において、主流れ方向21と本発明に係る段22とを有する、軸流流体機械1の縦断面図が表わされている。段22は、静翼リング2と当該静翼リング2の下流に設けられた動翼リング20とを備える。示されているのは、それぞれ1つの静翼18と動翼19である。同様に表わされているのは、軸流流体機械1の駆動時に軸11周りに回転するハブ17である。静翼18はハウジング7に取り付けられており、動翼19はハブ17に取り付けられている。軸流流体機械1の駆動時に、静翼リング2の下流で、流速分布が不均一な流れが形成される。これによって回転中の動翼19の負荷が変化し、それによって動翼19のフラッタが有利に減少する。

## 【0024】

静翼リング2と当該静翼リング2の下流に設けられた動翼リング20とを備える軸流流体機械1のための段22の設計法は、好ましくは以下のように実施され得る。すなわち、静翼リング2の周囲に亘って規則的に設けられた静翼3を有する静翼リング2を、空気力学的かつ機械的な境界条件に従ってプロファイルするステップと、少なくとも1つの静翼3の少なくとも1つのプロファイル断面を周方向にずらすステップであって、それによって、少なくとも1つの静翼4とこれに隣り合って設けられた静翼4のピッチ角13が翼高

10

20

30

40

50

に亘って変わるようにして、軸流流体機械1の駆動時に、静翼リング2の下流に形成された排出流が、軸流流体機械の周囲に亘って不規則に形成されていて、動翼リング20の動翼19の振動励起が少なくなるようにするステップと、少なくとも1つのプロファイル断面を、ずらされた後に変化した空気力学的境界条件に適合させるステップとである。

#### 【0025】

本発明は、好ましい実施例によって、細部においてより詳細に図解されかつ記述されたが、本発明は開示された例によって限定されるものではなく、別のヴァリエーションが、本発明の保護範囲から離れることなく、当業者によって本発明から導き出されてよい。

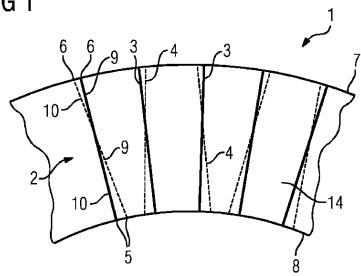
#### 【符号の説明】

#### 【0026】

1	軸流流体機械	10
2	静翼リング	
3	静翼	
4	静翼	
5	翼基端部	
6	翼先端部	
7	ハウジング	
8	ハブリング	
9	正圧側面	
10	負圧側面	20
11	軸	
12	公称ピッチ角	
13	ピッチ角	
14	流路	
15	表面点	
16	接続線	
17	ハブ	
18	静翼	
19	動翼	
20	動翼リング	30
21	主流れ方向	
22	段	

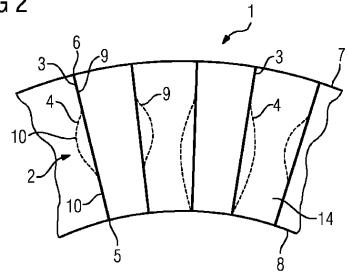
【図1】

FIG 1



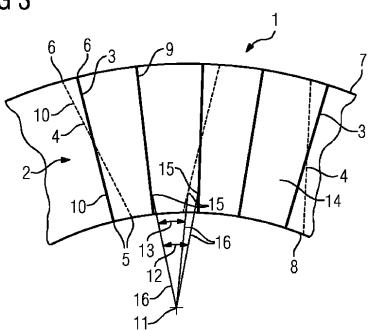
【図2】

FIG 2



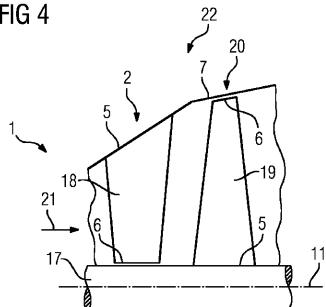
【図3】

FIG 3



【図4】

FIG 4



---

フロントページの続き

(72)発明者 ハインリヒ・シュトゥーアー  
ドイツ・45721・ハルターン・アントルパー・シュトラーセ・24

審査官 齊藤 公志郎

(56)参考文献 特開2003-074306 (JP, A)  
特開2000-045704 (JP, A)  
実開平02-118102 (JP, U)  
国際公開第2007/063768 (WO, A1)  
国際公開第03/018961 (WO, A1)  
特開2004-100553 (JP, A)  
特開平08-061002 (JP, A)  
米国特許第3883264 (US, A)  
米国特許第5167489 (US, A)  
特開平06-010610 (JP, A)  
特開2008-157247 (JP, A)  
特開2012-087788 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 5/00 - 9/06  
F04D 29/38, 66