

(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2006-144575  
(P2006-144575A)

(43) 公開日 平成18年6月8日(2006.6.8)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
FO1D 5/26 (2006.01)	FO1D 5/26	3G002
FO1D 5/22 (2006.01)	FO1D 5/22	
FO1D 11/00 (2006.01)	FO1D 11/00	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2004-332197 (P2004-332197)	(71) 出願人	000006208 三菱重工業株式会社 東京都港区港南二丁目16番5号
(22) 出願日	平成16年11月16日(2004.11.16)	(74) 代理人	100089118 弁理士 酒井 宏明
		(72) 発明者	富井 正幸 兵庫県高砂市荒井町新浜2丁目1番1号 三菱重工業株式会社高砂研究所内
		Fターム(参考)	3G002 DA03 DA06 HA01

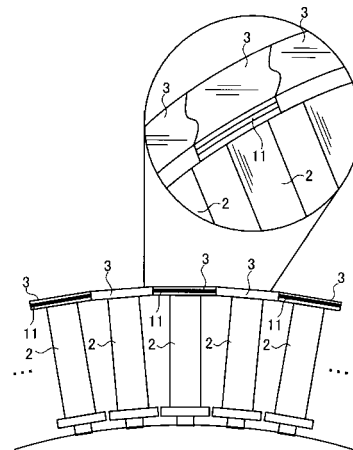
(54) 【発明の名称】 軸流形回転流体機械

(57) 【要約】

【課題】 激しい共振による動翼破損を防止する軸流形回転流体機械を提供すること。

【解決手段】 シュラウド3は、ある程度の厚みを有する金属板状体であるので、その厚み部分に溝11を形成すると、質量を変化させることができる。隣り合う分割シュラウド同士で、質量が異なると、動翼羽根2の振動周波数はそれぞれ異なるようになる。隣合うシュラウド3同士（動翼羽根同士）が異なる周波数で振動すると、当接部に摩擦が生じ、これが減衰器となって全体の振動が抑制される。したがって、同じ励振力を受けたときでも、動翼の振動は従来に比べて抑えられる。このようにすれば、機械始動から定格回転までの過渡状態において、励振力の周波数が固有振動数付近になったとしても、動翼を激しい共振による破損から保護することができる。

【選択図】 図4



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

動力軸に直角な平面を当該動力軸中心に回転する動翼と、  
前記動翼の回転面に対向して平行に設けられる静翼と、  
を有し、

前記動翼は、動翼羽根毎、または複数の動翼羽根毎に隣り合う周方向突出部同士が当接する摩擦減衰付加機構が設けられる軸流形回転流体機械において、

前記周方向突出部を含めた前記動翼羽根を一体Wとして考えたときに、隣り合うW毎、または複数のWを一組としたときの当該一組毎に、当該Wまたは当該W一組の質量、あるいは当該Wまたは当該W一組の剛性、が異なることを特徴とする軸流形回転流体機械。 10

## 【請求項 2】

前記摩擦減衰付加機構は、周方向に分割したシュラウド同士が当接して連結される構造から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の軸流形回転流体機械。

## 【請求項 3】

前記摩擦減衰付加機構は、前記動翼羽根の根元で周方向突出部同士が連結されるシールピン構造またはシールプレート構造から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の軸流形回転流体機械。

## 【請求項 4】

分割された前記シュラウドの質量が、隣り合う前記W毎、または複数の前記Wを一組としたときの当該一組毎に異なることを特徴とする請求項 2 に記載の軸流形回転流体機械。 20

## 【請求項 5】

前記動翼羽根のシャンク部の形状が異なることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の軸流形回転流体機械。

## 【請求項 6】

動力軸に直角な平面を当該動力軸中心に回転する動翼と、  
前記動翼の回転面に対向して平行に設けられる静翼と、  
を有し、

前記動翼は、動翼羽根毎、または複数の動翼羽根毎に隣り合う周方向突出部同士が連結される摩擦減衰付加機構が設けられる軸流形回転流体機械において、

前記動翼羽根は、前記動翼羽根毎、または複数の前記動翼羽根毎に、異なる断面形状となる翼型を採用することを特徴とする軸流形回転流体機械。 30

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、ガスタービンや蒸気タービン等の軸流形回転流体機械に関し、更に詳しくは、回転軸に対して直角となる平面を回転する動翼とシュラウドに工夫を加え、固有振動数における激しい共振を抑制する軸流形回転流体機械に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一般に、ガスタービンや蒸気タービン等の軸流形回転流体機械の動翼には、運転中に励振力を受けることが知られている（たとえば、特許文献 1）。これらの励振力には、動翼の前段に設けられる静翼（蒸気タービンでは翼形ノズルと呼ばれることが多い）のウェイクによるものや、回転する動翼の後段に設けられる静翼とのポテンシャル干渉が代表的である。また、動翼の前後に設けられる静翼は、360度の全周にわたって完全に対称とはならず、非対称な部分ができるのが通常である。この非対称性によっても、動翼は励振力を受ける。

## 【0003】

図 10 は、運転中の動翼の応力を示すキャンベル線図であり、横軸は動翼の回転数、縦軸は振動数である。同図で丸印 15 となっている所は、応力の大きい箇所を示している。上記静翼のウェイクやポテンシャル干渉が動翼に対する励振力となる場合は、当該励振力 40 50

の周波数は、静翼や動翼の枚数に比例するから、タービンの回転数が上がるに従って、励振力が引き起こす振動の振動数も大きくなる。動翼の応力は、当該振動数が点線で示した動翼の固有振動数と一致する点で大きくなる。また、上記静翼の非対称性が動翼に対する励振力となる場合は、上記ウェイク等による場合よりも振動数が相対的に低くなるが、この場合も低次ハーモニクスとして動翼の固有振動数と一致する点において動翼の応力が増大する（たとえば、特許文献2）。

【0004】

ところで、上記のように動翼は励振力を受けて振動を起こし得るが、その振動を低減または減衰させる構造として、従来から周方向に分割したシュラウド同士を当接させる構造や、根元部においてピン結合させる構造がある（たとえば、特許文献3）。これらは、各動翼が振動する際の摩擦をダンパーとして利用した振動減衰機構である。

10

【0005】

【特許文献1】特開平8-61001号公報

【特許文献2】特開平9-32503号公報

【特許文献3】特開平7-229404号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

一般に、ガスタービンや蒸気タービンが発電機として用いられる場合は、定格回転数で高いタービン効率が求められる。設計も定格運転での性能を第一にされる。したがって、タービン停止状態から定格回転数に至るまでの過程での動翼の振動は、定格回転数に至るまでの過渡的な現象として、大きな工夫がされていないのが現状である。しかしながら、動翼の振動数が固有振動数と一致し、共振によって大きくなると、最悪の場合、動翼が破損するおそれが生じてしまう。

20

【0007】

そこで、本発明は上記に鑑みてなされたものであって、動翼またはシュラウドに工夫を加えることにより、励振力を受ける動翼の振動を抑制し、固有振動数における激しい共振によって動翼が破損する事態を回避することができる軸流形回転流体機械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】

30

【0008】

上述の目的を達成するために、請求項1に係る軸流形回転流体機械は、動力軸に直角な平面を当該動力軸中心に回転する動翼と、前記動翼の回転面に対向して平行に設けられる静翼と、を有し、前記動翼は、動翼羽根毎、または複数の動翼羽根毎に隣り合う周方向突出部同士が当接する摩擦減衰付加機構が設けられる軸流形回転流体機械において、前記周方向突出部を含めた前記動翼羽根を一体Wとして考えたときに、隣り合うW毎、または複数のWを一組としたときの当該一組毎に、当該Wまたは当該W一組の質量、あるいは当該Wまたは当該W一組の剛性、が異なるようにしたものである。

【0009】

動翼羽根は、分割されたシュラウド、羽根の腹部分のスナッパ、または根元部といった周方向に突出する周方向突出部を有する。これらの部分を含めた動翼羽根を一体として、これをWとする。動翼の種類によっては、一枚一枚の動翼羽根にそれぞれ、分割シュラウド等が組まれることもあるし、複数枚の動翼羽根を一組として、これをユニットとし、ユニットごとに分割シュラウド等が組まれることもある。

40

【0010】

これら分割されたシュラウド等と、動翼羽根とを一体Wとして考えたとき、隣り合うW毎、または複数のWを一組としたユニット毎に、当該Wまたはユニットの質量、あるいは当該Wまたはユニットの剛性を変化させると、静翼との干渉等によって励振力が作用したときに、各動翼羽根、またはユニットが異なる周波数で振動するようになる。各動翼羽根毎等に振動周波数が異なれば、シュラウド同士の当接部分のダンパーとしての効果が大き

50

くなり、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。

【0011】

また、請求項2に係る軸流形回転流体機械は、前記軸流形回転流体機械において、前記摩擦減衰付加機構は、周方向に分割したシュラウド同士が当接して連結される構造から成るようにしたものである。

【0012】

また、請求項3に係る軸流形回転流体機械は、前記軸流形回転流体機械において、前記摩擦減衰付加機構は、前記動翼羽根の根元で周方向突出部同士が連結されるシールピン構造またはシールプレート構造から成るようにしたものである。

【0013】

また、請求項4に係る軸流形回転流体機械は、前記軸流形回転流体機械において、分割された前記シュラウドの質量が、隣り合う前記W毎、または複数の前記Wを一組としたときの当該一組毎に異なるようにしたものである。

【0014】

この発明では、隣り合う前記動翼羽根毎、または複数枚の前記動翼羽根毎に分割されたシュラウドの表面や側部を削って軽量化（ライトニング）することにより、シュラウド自体の質量を変化させる。これにより、隣り合う前記動翼羽根毎、または複数枚の前記動翼羽根毎に固有振動数が異なるようになる。各動翼羽根毎等に固有振動数が異なれば、シュラウド同士の当接部分のダンパーとしての効果が大きくなり、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。

【0015】

また、請求項5に係る軸流形回転流体機械は、前記軸流形回転流体機械において、前記動翼羽根のシャンク部の形状が異なるようにしたものである。

【0016】

動翼羽根は、その根元がディスクに植え込まれ、植え込まれた部分と根元部との間には、シャンク部を有する。この発明では、シャンク部の厚みや形状を変えることにより、動翼羽根の翼面には変化を与えずに支持剛性を変化させる。これにより、隣り合う前記動翼羽根毎、または複数枚の前記動翼羽根毎に固有振動数が異なるようになる。各動翼羽根毎等の振動数が異なれば、シュラウド同士の当接部分のダンパーとしての効果が大きくなり、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。

【0017】

また、請求項6に係る軸流形回転流体機械は、動力軸に直角な平面を当該動力軸中心に回転する動翼と、前記動翼の回転面に対向して平行に設けられる静翼と、を有し、前記動翼は、動翼羽根毎、または複数の動翼羽根毎に隣り合う周方向突出部同士が連結される摩擦減衰付加機構が設けられる軸流形回転流体機械において、前記動翼羽根は、前記動翼羽根毎、または複数の前記動翼羽根毎に、異なる断面形状となる翼型を採用するようにしたものである。

【0018】

動翼の断面形状を、隣り合う動翼羽根毎、または複数枚の前記動翼羽根毎に異なるようにすれば、当該動翼羽根の固有振動数も異なるようになる。各動翼羽根毎等の振動数が異なれば、シュラウド同士の当接部分のダンパーとしての効果が大きくなり、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。

【発明の効果】

【0019】

本発明にかかる軸流形回転流体機械によれば、動翼羽根やシュラウド等に工夫を加えることにより、励振力を受ける動翼羽根の振動を抑制し、固有振動数における激しい共振によって動翼が破損するような事態を回避することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下に、本発明に係る軸流形回転流体機械の実施例を図面に基づいて詳細に説明する。

10

20

30

40

50

ここでは、動翼という用語は、ディスクの周上に動翼羽根が放射状に配置された動翼羽根の集合体として用いることとする。なお、この実施例によりこの発明が限定されるものではない。

【実施例】

【0021】

図1は、動翼とシュラウドの構成を示す軸方向外観図である。同図は、ガスタービンのタービン軸中心に回転する動翼1の一部を示すものであるが、蒸気タービンでも同様である。また、タービンの動翼1に限らず、圧縮機の動翼でもよい。動翼1は、タービン軸を中心として軸に直角な平面を回転するディスクDに動翼羽根2が半径方向に植え込まれて形成される。

10

【0022】

動翼1の径方向外側には、シュラウド3が設けられ、動翼1の全周を囲んでいる。シュラウド3は、各動翼羽根2毎に分割されて、動翼羽根2に固定されている。このため、シュラウド3は、動翼羽根2から周方向に突出した形状となる。上記分割されたシュラウド3同士は、動翼1が回転すると、当接面4a、4bが接触し、互いに動翼羽根2のねじり戻し現象に対抗する向きに押し合う構造となっているのが一般的となっている。これは、捻れ形状にした動翼羽根2が遠心力によるねじり戻り現象を起こすことを利用したものである。つまり、シュラウド同士が接触し、振動によって当該接触部が相対運動した時の摩擦によって動翼羽根2の振動を減衰させるためである。

【0023】

この発明は、動翼羽根2と周方向突出部とも考えられるシュラウド3とを一体Wとして考えたときに、隣り合うW毎、または複数のWを一組としたときの当該一組毎に、WまたはW一組の質量、あるいは当該Wまたは当該W一組の剛性、を異なるようにすることが特徴である。なお、図1では、分割された前記シュラウド3に、1枚の動翼羽根2が固定されている場合を示すが、シュラウド3が複数枚の動翼羽根2を連結して一組のユニットを形成する場合もある。

20

【0024】

図2は、図1とは別のタイプである動翼の構成を示す軸方向外観図である。このタイプの動翼は、各動翼羽根2の根元部Rがフランジのようになっており、動翼羽根2の翼面から周方向に突出している。そして、隣合う当該根元部R同士は、タービン等の作動流体が回転軸内側方向に漏れないように、シールピンPまたはシールプレートを介して連結されている。隣合う翼が振動によって相対運動する場合、当該シールピンPまたはシールプレートが摩擦するので、これが摩擦減衰付加機構となる。厳密に言えば、各動翼羽根2の振動の周波数が完全一致することはないので、従来の構造でも減衰付加能力がないわけではないが、本発明では、動翼羽根2の質量や剛性を積極的に異なるようにしたので、隣り合う動翼羽根2同士の振動応答が比較的大きく異なるものとなり、シールプレートの摩擦減衰付加機能としての効果が増大する。

30

【0025】

図4は、シュラウドの質量を変化させる具体的な方法を示す外観図である。上述したように、隣り合う分割シュラウド3の質量を異なるようにして、動翼羽根2の振動周波数をそれぞれ異なるようにする。シュラウド3は、ある程度の厚みを有する金属板状体であるので、その厚み部分に溝11を形成して、質量を変化させることができる。なお、シュラウド3の他の部分で肉をぬすんで軽量化してもよいし、逆に肉を盛るようにしてもよいが、動翼がその先端でラビリンズシールやブラシによってシールされなければならないことや、動翼羽根2同士の隙間には燃焼ガス等の作動流体が吹き抜け、その吹き抜け効率に悪影響を与えないことに留意しなければならない。

40

【0026】

図5は、動翼羽根のシャンク部の形状を変えた場合を示す外観図である。動翼羽根2は、その根元がディスクDに植え込まれ、植え込まれた部分と動翼羽根2の根元部Rとの間には、シャンク部13、14を有する。シャンク部13、14の厚みや形状を隣り合う動

50

翼羽根 2 同士で変えることにより、動翼羽根 2 の翼面には変化を与えずに支持剛性を変化させる。図 6 のように、シュラウドがない場合も同様に、隣り合う動翼羽根 2 同士のシャンク部 1 3、1 4 の形状を変えればよい。

【0027】

上記シュラウドの質量やシャンク部の剛性の変化態様は、図 1 に示したように、2 種類の質量または剛性によって振動周波数が F A - F B - F A - F B となるようにしてもよいし、3 種類で F A - F B - F C - F B - F A となるようにしてもよく、全体のバランスを考え、適当に選択される。

【0028】

このように、隣り合う動翼羽根 2 毎、または複数の動翼羽根 2 毎にシャンク部 1 3、1 4 の質量を変化させたり、シャンク部 1 3、1 4 のような支持部の剛性を変化させることにより、隣り合う動翼羽根 2 毎、または複数枚の動翼羽根 2 毎に振動応答が異なるようになる。そして、隣り合う動翼羽根 2 毎等の固有振動数が異なれば、シュラウド同士の当接部分の摩擦減衰付加機構としての効果が増大し、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。

【0029】

図 7 は、翼型を変化させた例を示す外観図である。上記までは、動翼羽根 2 の翼面に工夫を加えず、それ以外のシュラウド 3 の質量やシャンク部 1 3、1 4 の剛性を隣合うもの同士で異なるようにした。ここでは、動翼羽根 2、1 2 自体の断面形状を隣合うもの同士で異なるようにする例を説明する。動翼羽根 2 は、できるだけ、動翼列全体で同一のものを同一角度で設けるのが好ましいが、必ずしも同一にしなくてはならないわけではない。そこで、この発明における動翼羽根 2、1 2 は、隣り合う動翼羽根 2、1 2 毎、または複数枚の動翼羽根 2、1 2 毎に異なる断面形状の翼型を有する。図 8 のように、シュラウドがない場合も同様に、隣り合う動翼羽根 2 同士の翼型を異なるようにすればよい。

【0030】

動翼羽根 2、1 2 の断面形状を、隣り合う動翼羽根毎、または複数枚の動翼羽根毎に異なるようにすれば、当該動翼 2、1 2 の振動応答も異なるようになる。各動翼羽根毎等の振動数が異なれば、シュラウド同士の当接部分のダンパーとしての効果が大きくなり、これによる減衰作用で動翼の振動を低減させることができる。特に、機械始動から定格回転までの過渡状態において、励振力の周波数が固有振動数になったとしても、本発明を実施すれば、動翼を激しい共振による破損から保護することができる。

【0031】

上記の他、各動翼羽根同士で接触摩擦するものがあれば、当該摩擦部分を減衰付加機構として十分に機能させることによって、動翼の振動を抑えられる。図 9 は、シュラウド周辺の構造を示す外観斜視図である。同図に示すように、シュラウド 3 は、特殊な形状で隣合うもの同士が 4 a、4 b で当接している。また、シュラウド 3 が連結する動翼羽根 2 の腹には、スナッパ 1 8、1 9 と呼ばれる突起が周方向に伸びている場合があり、この場合、隣合うスナッパ 1 8、1 9 同士もかみ合わされて当接し、全周綴り構造となる。このように、スナッパ 1 8、1 9 がある場合であって、隣合う動翼羽根 2 同士が異なる周波数で振動する場合には、スナッパ 1 8、1 9 にも大きな摩擦が生じて、減衰付加機構としての役割を十分果たすようになる。

【0032】

以上のように、隣合う動翼羽根毎、又は複数の動翼羽根毎に固有振動数を変化させるためには、分轄シュラウドの質量を変化させたり、シャンク部の剛性を変化させたり、動翼羽根の翼型自体を変えたりすること等が実際上有効と考えられる。しかしながら、これらに限らず、上記 W の質量や剛性に変化を与えるものであれば、他の工夫をしてもよい。また、質量を変化させると共に剛性も変化させる手段を施してもよい。たとえば、動翼羽根の翼面の一部の形状だけを変える如きである。さらに、図 9 の当接面 4 a、4 b のように、当接する面の形状、大きさを変化させても各動翼羽根の振動周波数は変化する。

【産業上の利用可能性】

10

20

30

40

50

## 【0033】

本発明にかかる軸流形回転流体機械は、ガスタービンや蒸気タービン等の軸流形ターボ機械等の多段タービンに用いることができる。したがって、本発明は、定格運転時のみならず停止状態から定格運転時までの過渡状態時においても、動翼が固有振動数における共振で破損するおそれのある状態を回避することのできる軸流形回転流体機械の生産に資する。

## 【図面の簡単な説明】

## 【0034】

【図1】動翼とシュラウドの連結状態を示す軸方向外観図である。

【図2】図2の別タイプの動翼を示す軸方向外観図である。

10

【図3】本発明の原理を示す模式図である。

【図4】シュラウドの質量を変化させる具体的な方法を示す外観図である。

【図5】シャンク部の形状を変えた場合を示す外観図である。

【図6】図5と別タイプの動翼を示す外観図である。

【図7】翼型を変化させた例を示す外観図である。

【図8】図7と別タイプの動翼を示す外観図である。

【図9】シュラウド周辺の構造を示す外観斜視図である。

【図10】運転中の動翼の応力を示すキャンベル線図である。

## 【符号の説明】

## 【0035】

20

1 動翼

2 動翼羽根

3 シュラウド

4 a、4 b 当接部

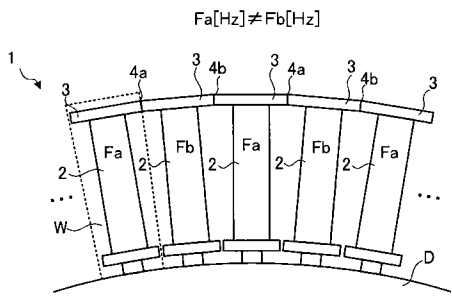
1 1 溝

1 3、1 4 シャンク部

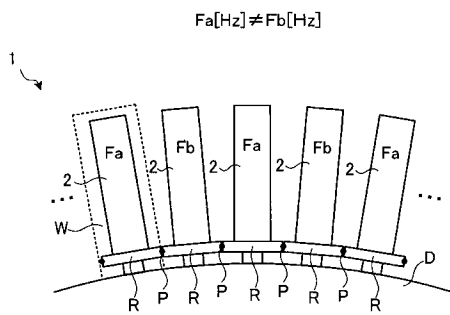
1 5 ディスク

1 8、1 9 スナッパ

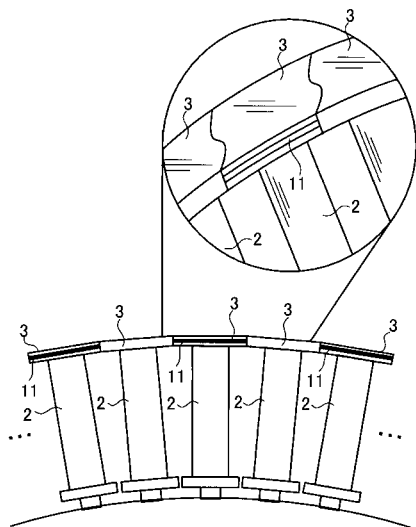
【 図 1 】



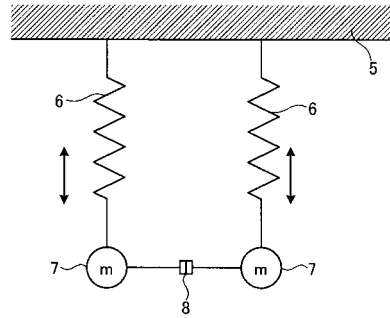
【 図 2 】



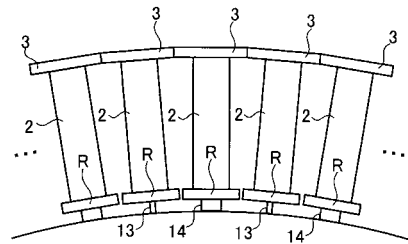
【 図 4 】



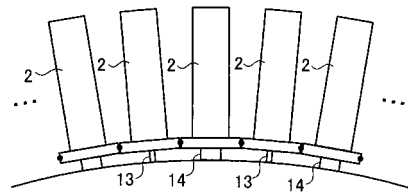
【 図 3 】



【 図 5 】

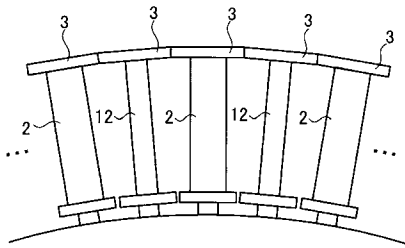


【 図 6 】

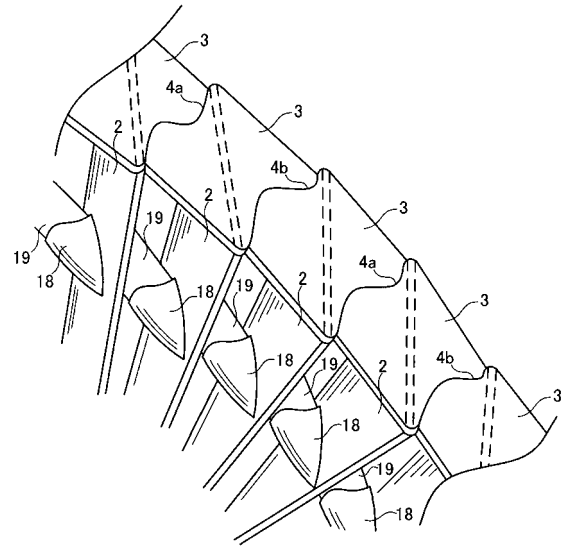




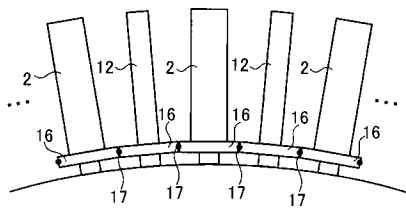
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】

