

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6393178号  
(P6393178)

(45) 発行日 平成30年9月19日(2018.9.19)

(24) 登録日 平成30年8月31日(2018.8.31)

(51) Int.Cl.

F 1

F O 1 D 9/02 (2006.01)

F O 1 D 9/02 1 0 3

請求項の数 10 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2014-253390 (P2014-253390)	(73) 特許権者	514030104
(22) 出願日	平成26年12月15日(2014.12.15)		三菱日立パワーシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2016-113966 (P2016-113966A)		神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号
(43) 公開日	平成28年6月23日(2016.6.23)	(74) 代理人	110001829
審査請求日	平成29年7月7日(2017.7.7)		特許業務法人開知国際特許事務所
		(72) 発明者	石橋 光司
			神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内
		(72) 発明者	中野 晋
			神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号 三菱日立パワーシステムズ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蒸気タービン静翼

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部に中空部を有する蒸気タービン静翼において、  
 作動流体流路と前記中空部とを連通するとともに翼長方向に延在するように設けられ、  
 コード長方向に複数並べて配置された複数のスリットと、  
 前記複数のスリットのうちの最下流スリットに対応して前記作動流体流路側の面が翼面よりも前記中空部側に位置するように設けられ、前記最下流スリットの前記コード長方向の両側の壁面を接続する少なくとも1つの接続部とを備え、  
 前記最下流スリットが少なくとも翼長方向の中間部からダイヤフラム外輪にかけて連続して延びる1本のスリットであることを特徴とする蒸気タービン静翼。

【請求項 2】

請求項1に記載の蒸気タービン静翼において、  
 前記接続部は前記最下流スリット内に設けられ、該最下流スリットの前記コード長方向に対向する内面同士を接続することを特徴とする蒸気タービン静翼。

【請求項 3】

請求項1に記載の蒸気タービン静翼において、  
 前記最下流スリットに対して前記コード長方向の上流側に配置された少なくとも1つの上流スリットに対応して前記作動流体流路側の面が前記翼面よりも前記中空部側に位置するように設けられ、前記上流スリットの前記コード長方向の両側の壁面を接続する少なくとも1つの接続部を備えることを特徴とする蒸気タービン静翼。

10

20

## 【請求項 4】

請求項 1 に記載の蒸気タービン静翼において、  
前記複数のスリットは、翼腹面に設けられていることを特徴とする蒸気タービン静翼。

## 【請求項 5】

請求項 1 に記載の蒸気タービン静翼において、  
前記複数のスリットは、翼背面に設けられていることを特徴とする蒸気タービン静翼。

## 【請求項 6】

請求項 3 に記載の蒸気タービン静翼において、  
前記上流スリットは、前縁部から翼腹面上の任意の位置までの距離  $l$  を該翼腹面に沿った該前縁部から後縁部までの距離  $L$  で除した無次元値  $l/L$  が  $0.6 \sim 0.8$  の範囲内となる位置に設けられ、

前記最下流スリットは、前記無次元値  $l/L$  が前記上流スリットの無次元値  $l/L$  より大きくなる範囲となる位置に設けられていることを特徴とする蒸気タービン静翼。

## 【請求項 7】

請求項 1 に記載の蒸気タービン静翼において、  
前記接続部は前記中空部内に設けられ、前記最下流スリットを跨ぐようにして前記コード長方向の両側の壁面を接続することを特徴とする蒸気タービン静翼。

## 【請求項 8】

請求項 7 に記載の蒸気タービン静翼において、  
前記接続部は前記中空部を挟んで前記最下流スリットに対向する面に接していることを特徴とする蒸気タービン静翼。

## 【請求項 9】

請求項 1 に記載の蒸気タービン静翼と、該蒸気タービン静翼に対して作動流体の流れ方向の下流側に設けられた蒸気タービン動翼とを有するタービン段落を備えることを特徴とする蒸気タービン。

## 【請求項 10】

内部に中空部を有する蒸気タービン静翼の改造方法であって、  
作動流体流路と前記中空部とを連通するとともに翼長方向に延在するスリットをコード長方向に複数並べて複数のスリットを形成し、前記複数のスリットのうちの最下流スリットを少なくとも翼長方向の中間部からダイヤフラム外輪にかけて連続して延びる 1 本のスリットとし、

前記最下流スリットに対応して前記作動流体流路側の面が翼面よりも前記中空部側に位置するように、前記最下流スリットの前記コード長方向の両側の壁面を接続する接続部を少なくとも 1 つ設けることを特徴とする蒸気タービン静翼の改造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、蒸気タービン静翼に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

低圧タービンの最終段落やその 1 ~ 2 段前の段落では、一般的に圧力が非常に低いため、作動流体（蒸気）は液化した微細な水滴を含む湿り蒸気の状態となっている。そして、作動流体に含まれる水滴が静翼の翼面に付着し、他の水滴と合体すると、翼面上に水膜（ドレン）が形成される。この水膜が作動流体により翼面から離脱すると、水滴に比べて遥かに大きな粗大水滴の状態で作動流体とともに流路を流下する。粗大水滴は、作動流体により多少微細化されるものの、ある程度の大きさを保ちながら流下する。ところが、粗大水滴はその慣性力により作動流体のように流路に沿って流れ方向を急激に転向することができない。そのため、粗大水滴が流れ方向の下流側の動翼に高速で衝突し、動翼表面が侵食されるエロージョンが生じたり、動翼の回転が妨げられて損失が生じたりする。

## 【0003】

エロージョンを低減させるためには、一般的に、静翼の翼面に形成された水膜を除去することが最も効果的である。それに対し、静翼の後縁側（翼尾部）にスリットを設けて、スリットを介して翼の中空部に水膜を吸引することが提案されている（特許文献１等を参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００４】

【特許文献１】特開２０１４－２５４４３号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【０００５】

特許文献１の静翼の翼尾部は間隙を介して対向するように背側板に腹側板を取り付けた構成であり、翼腹面において背側板と腹側板との間に間隙を確保することでスリットを形成している。そのため、翼腹面においてスリットを挟んで背側板と腹側板との間に段差が生じる場合がある。そうすると、段差部分において水膜の一部が翼面から離脱し、エロージョンが生じる可能性がある。

【０００６】

本発明は上記に鑑みてなされたもので、水膜を効果的に除去することができる蒸気タービン静翼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

【０００７】

上記目的を達成するために、本発明は、内部に中空部を有する蒸気タービン静翼において、作動流体流路と前記中空部とを連通するとともに翼長方向に延在するように設けられ、コード長方向に複数並べて配置された複数のスリットと、前記複数のスリットのうちの最下流スリットに対応して前記作動流体流路側の面が翼面よりも前記中空部側に位置するように設けられ、前記最下流スリットの前記コード長方向の両側の壁面を接続する少なくとも１つの接続部とを備え、前記最下流スリットが少なくとも翼長方向の中間部からダイヤフラム外輪にかけて連続して延びる１本のスリットであることを特徴とする。

【発明の効果】

【０００８】

30

本発明によれば、翼面の水膜を効果的に除去することができる蒸気タービン静翼を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】本発明の第１実施形態に係る蒸気タービン静翼（静翼）を適用する蒸気タービン設備の一構成例の全体構成を表す概略図である。

【図２】本発明の第１実施形態に係る静翼を備える最終段落の一構成例を表す概略図である。

【図３】図２の静翼の斜視図である。

【図４】図３の矢印ⅠⅤ－ⅠⅤ線による矢視断面図である。

40

【図５】図３の矢印Ⅴ－Ⅴ線による矢視断面図である。

【図６】図３の矢印ⅤⅠ－ⅤⅠ線による矢視断面図である。

【図７】本発明の第１実施形態に係る静翼の上面図である。

【図８】本発明の第１実施形態に係る静翼の翼腹面に形成される水膜厚さ（水膜量）を例示する図である。

【図９】比較例１の最終段落の一構成例を表す概略図である。

【図１０】比較例２の最終段落の一構成例を表す概略図である。

【図１１】図１０の静翼の一部を拡大して表す斜視図である。

【図１２】本発明の第２実施形態に係る静翼の斜視図である。

【図１３】本発明の第３実施形態に係る静翼の斜視図である。

50

【図 1 4】本発明の第 4 実施形態に係る静翼の横断面図である。

【図 1 5】本発明の第 5 実施形態に係る静翼の横断面図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

< 第 1 実施形態 >

( 構成 )

図 1 は本実施形態に係る蒸気タービン静翼（静翼）を適用する蒸気タービン設備の一構成例の全体構成を表す概略図である。

【 0 0 1 1 】

図 1 に示した蒸気タービン設備 5 0 は、ボイラ 1、高圧タービン 3、中圧タービン 6、  
10 低圧タービン 9、及び復水器 1 1 を備えている。

【 0 0 1 2 】

ボイラ 1 は化石燃料焚きボイラであって蒸気発生源の一例である。ボイラ 1 で化石燃料を燃焼し復水器 1 1 から供給された復水を加熱し、高温高圧の蒸気を発生させる。ボイラ 1 で発生した蒸気は主蒸気管 2 を介して高圧タービン 3 に導かれ、高圧タービン 3 を駆動する。高圧タービン 3 を駆動して減圧した蒸気は、高圧タービン排気管 4 を流下してボイラ 1 に導かれ、再度加熱されて再熱蒸気となる。

【 0 0 1 3 】

ボイラ 1 で加熱された再熱蒸気は、高温再熱蒸気管 5 を介して中圧タービン 6 に導かれて中圧タービン 6 を駆動する。中圧タービン 6 を駆動して減圧した蒸気は、中圧タービン  
20 排気管 7 を介して低圧タービン 9 に導かれ、低圧タービン 9 を駆動する。低圧タービン 9 を駆動して減圧した蒸気は、低圧タービン排気室 1 0 を介して低圧タービン直下の復水器 1 1 に導かれる。復水器 1 1 は冷却水配管（不図示）を備えており、復水器 1 1 に導かれた蒸気と冷却水配管内を流れる冷却水とを熱交換させて蒸気を復水する。復水器 1 1 で復水された復水は再びボイラ 1 に送られる。

【 0 0 1 4 】

高圧タービン 3、中圧タービン 6 及び低圧タービン 9 は、同軸上に連結されている。また、タービンロータ 1 2 には発電機 1 3 が連結されていて、高圧タービン 3、中圧タービン 6 及び低圧タービン 9 の回転動力によって発電機 1 3 が駆動し、高圧タービン 3、中圧タービン 6 及び低圧タービン 9 の出力が電力として取り出される。  
30

【 0 0 1 5 】

高圧タービン 3、中圧タービン 6 及び低圧タービン 9 は、静翼と静翼に対して作動流体の流れ方向の下流側に設けられた蒸気タービン動翼（動翼）とを有するタービン段落を複数備えた軸流タービンである。複数のタービン段落はタービンロータ 1 2 に設けられていて、タービンロータ 1 2 の軸方向に配列されている。

【 0 0 1 6 】

図 2 は本実施形態に係る静翼を備える最終段落の一構成例を表す概略図、図 3 は図 2 の静翼の斜視図である。以下、本実施形態に係る静翼を低圧タービン 9 の最終段落に設けた場合について説明するが、低圧タービン 9 の他のタービン段落、高圧タービン 3 のタービン段落、又は中圧タービン 6 のタービン段落など、作動流体が湿り蒸気の状態となっ  
40 ている環境下にあるタービン段落に設けた場合も同様である。なお、以下の説明では、最終段落を流れる作動流体の流れ方向の上流側及び下流側をそれぞれ上流側及び下流側と言う。

【 0 0 1 7 】

図 2 に示すように、最終段落 1 0 0 は、静翼 1 0 1、ダイヤフラム外輪 1 0 2、ダイヤフラム内輪 1 0 3、動翼 1 0 4 及びディスク 1 0 5 を備えている。

【 0 0 1 8 】

ダイヤフラム内輪 1 0 3 は、低圧タービン 9 の径方向の内周側にタービンロータ 1 2 の周方向に沿って設けられた環状部材である。ダイヤフラム内輪 1 0 3 は内部に中空部 1 1 5 を備えている。ダイヤフラム外輪 1 0 2 は、低圧タービン 9 の径方向の外周側にタービンロータ 1 2 の周方向に沿って設けられた環状部材である。ダイヤフラム外輪 1 0 2 も内  
50

部に中空部 114 を備えている。ダイヤフラム外輪 102 の中空部 114 は、連通管（不図示）を介して排気室（不図示）と連通している。ダイヤフラム外輪 102 とダイヤフラム内輪 103 との間にタービンロータ 12 の周方向に沿って複数の静翼 101 が固設されている。ディスク 105 の外周部にタービンロータ 12 の周方向に沿って複数の動翼 104 が取り付けられている。他の段落と同様、最終段落 100 の上流側は下流側に比べ高圧になっている。

#### 【0019】

図 3 に示すように、静翼 101 は、金属板を板曲げ等により塑性変形させて成形されている。静翼 101 は、内部に中空部 113 を有している。中空部 113 は、ダイヤフラム外輪 102 の中空部 114 及びダイヤフラム内輪 103 の中空部 115 と連通している。ダイヤフラム外輪 102 の中空部 114 は排気室と連通しているため、静翼 101 の中空部 113 内の圧力は作動流体流路（つまり、静翼 101 の外側）の圧力よりも低くなっている。

#### 【0020】

静翼 101 の翼腹面 101A には、スリット（上流スリット）110 及びスリット（最下流スリット）111 がコード長方向に間隔 D をあけて並べて配置されている。なお、図 2, 3 は、静翼 101 に上流スリット 110 及び最下流スリット 111 を設けた場合を示しているが、最下流スリット 111 より上流側に新たにスリットを設け、静翼 101 に 3 列以上のスリットを設けても良い。

#### 【0021】

最下流スリット 111 は、静翼 101 に設けられたスリットのうち静翼 101 のコード長方向の最下流側に設けられたスリットである。最下流スリット 111 は、静翼 101 の翼長方向に延在するように静翼 101 の翼腹面 101A に連続的に形成され、作動流体流路と中空部 113 とを連通している。翼腹面 101A に連続的に形成するとは、翼腹面 101A に間隔を空けずに形成することを言う。最下流スリット 111 には、少なくとも 1 つの接続部 112 が設けられている。接続部 112 については後述する。

#### 【0022】

上流スリット 110 は、最下流スリット 111 に対して静翼 101 のコード長方向の上流側に設けられている。上流スリット 110 は、静翼 101 の翼長方向に延在するように形成され、作動流体流路と中空部 113 とを連通している。上流スリット 110 は、静翼 101 の翼腹面 101A に翼長方向に所定の間隔を空けて直線上に配置された複数本（図 3 では 5 本）のスリット 121 を備えている。静翼 101 の翼長方向に隣接する上流スリット 110 間には、翼腹面 101A と面一な不連続部 116 が形成されている。上述した接続部 112 は、不連続部 116 に対して翼長方向に位置をずらして設けてある。

#### 【0023】

上述のように、中空部 113 内の圧力は作動流体流路の圧力よりも低くなっているため、上流スリット 110 及び最下流スリット 111 において作動流体流路側の圧力は中空部 113 側の圧力よりも高くなっている。つまり、上流スリット 110 及び最下流スリット 111 では、入口側（作動流体流路側）と出口側（中空部 113 側）に圧力差が生じている。

#### 【0024】

なお、図 2, 3 では、上流スリット 110 及び最下流スリット 111 を直線状に形成しているが、例えば、静翼 101 の後縁部 101B の形状に合わせて湾曲形状に形成しても良い。また、上流スリット 110 及び最下流スリット 111 を翼長方向の中間部から静翼 101 のダイヤフラム外輪 102 側のみに設けているが、上流スリット 110 及び最下流スリット 111 の少なくとも一方をダイヤフラム外輪 102 からダイヤフラム内輪 103 まで（つまり、静翼 101 の翼長方向の全長に渡って）設けても良い。

#### 【0025】

上流スリット 110 及び最下流スリット 111 について詳しく説明する。以下の説明では、静翼 101 の翼腹面 101A に形成された水膜 20 を上流スリット 110 及び最下流

10

20

30

40

50

スリット 1 1 1 を介して除去する場合について説明するが、上流スリット 1 1 0 及び最下流スリット 1 1 1 を翼背面に設け、翼背面に形成された水膜を除去する場合も同様である。

#### 【 0 0 2 6 】

・上流スリット 1 1 0 及び最下流スリット 1 1 1 の作用

最終段落 1 0 0 を流れる作動流体が湿り蒸気の状態の場合、作動流体中に含まれる水滴が静翼 1 0 1 の翼腹面 1 0 1 A に付着する。そして、翼腹面 1 0 1 A に付着した水滴が他の水滴と合体することにより、図 2 に示すように、翼腹面 1 0 1 A に水膜 2 0 が形成される。なお、図 2 は、翼腹面 1 0 1 A に形成される水膜のうち、動翼のエロージョンの直接的な原因となり得るダイアフラム外輪 1 0 2 側に形成される水膜のみを示している。水膜 2 0 は作動流体との界面における圧力とせん断力との合力が作用する方向に従い、翼腹面 1 0 1 A を静翼 1 0 1 の後縁部 1 0 1 B 側に向かって流れていく。

10

#### 【 0 0 2 7 】

図 4 は図 3 の矢印 I V - I V 線による矢視断面図、図 5 は図 3 の矢印 V - V 線による矢視断面図、図 6 は図 3 の矢印 V I - V I 線による矢視断面図である。

#### 【 0 0 2 8 】

図 4 に示すように、矢印 I V - I V 線による断面は上流スリット 1 1 0 及び最下流スリット 1 1 1 を含む断面である。図 4 に示す断面では、上流スリット 1 1 0 が作動流体流路と中空部 1 1 3 を連通しているため、静翼 1 0 1 の翼腹面 1 0 1 A に形成された水膜 2 0 は上流スリット 1 1 0 を介して翼腹面 1 0 1 A から中空部 1 1 3 に吸引される。また、最下流スリット 1 1 1 が作動流体流路と中空部 1 1 3 を連通しているため、上流スリット 1 1 0 の下流側で翼腹面 1 0 1 A に付着した水滴 2 1 により新たに形成された水膜 2 0 a は最下流スリット 1 1 1 を介して翼腹面 1 0 1 A から中空部 1 1 3 に吸引される。中空部 1 1 3 内に吸引された水膜 2 0 は、ダイアフラム外輪 1 0 2 の中空部 1 1 4 等に送られ、連通管を介して排気室等に送られる。

20

#### 【 0 0 2 9 】

図 5 に示すように、矢印 V - V 線による断面は上流スリット 1 1 0 間の不連続部 1 1 6 と最下流スリット 1 1 1 を含む断面である。図 5 に示す断面では、静翼 1 0 1 の翼腹面 1 0 1 A に形成された水膜 2 0 b は上流スリット 1 1 0 間の不連続部 1 1 6 を通過し、上流スリット 1 1 0 の下流側で翼腹面 1 0 1 A に付着した水滴 2 1 を取り込みながら翼腹面 1 0 1 A を下流側に流れていく。しかしながら、図 5 に示す断面では、最下流スリット 1 1 1 が作動流体流路と中空部 1 1 3 を連通しているため、水膜 2 0 b は最下流スリット 1 1 1 を介して翼腹面 1 0 1 A から中空部 1 1 3 に吸引され、排気室等に送られる。

30

#### 【 0 0 3 0 】

図 6 に示すように、矢印 V I - V I 線による断面は上流スリット 1 1 0 と最下流スリット 1 1 1 に設けられた接続部 1 1 2 を含む断面である。

#### 【 0 0 3 1 】

接続部 1 1 2 は、最下流スリット 1 1 1 に対応して作動流体流路側の面 1 1 7 が翼腹面 1 0 1 A よりも中空部 1 1 3 側に位置するように最下流スリット 1 1 1 内に設けられている。すなわち、V I - V I 線においては、翼腹面 1 0 1 A から中空部 1 1 3 側に窪み、作動流体流路側の面 1 1 7 を底面とする窪み部 1 2 0 が翼腹面 1 0 1 A に最下流スリット 1 1 1 に対応するように形成されている。接続部 1 1 2 は、最下流スリット 1 1 1 のコード長方向の両側の壁面、すなわち、最下流スリット 1 1 1 のコード長方向に対向する内面 1 1 8 , 1 1 9 を接続している。接続部 1 1 2 の翼長方向の両端部は最下流スリット 1 1 1 を介して中空部 1 1 3 と連通している。接続部 1 1 2 は、例えば、翼腹面 1 0 1 A と一体に形成又は翼腹面 1 0 1 A を加工して形成したものである。

40

#### 【 0 0 3 2 】

接続部 1 1 2 の翼腹面 1 0 1 A から作動流体流路側の面 1 1 7 までの深さ及び翼長方向の幅は限定されないが、可能な範囲で窪み部 1 2 0 の深さは深く、接続部 1 1 2 の幅は狭い方が良く、例えば、深さは翼腹面 1 0 1 A の板厚の 1 / 2 以上で、幅は 1 0 mm 以下が

50

好ましい。

#### 【0033】

図6に示す断面では、上流スリット110が作動流体流路と中空部113を連通しているため、静翼101の翼腹面101Aに形成された水膜20は上流スリット110を介して翼腹面101Aから中空部113に吸引され、排気室等送到られる。

#### 【0034】

一方、図6に示す断面では、作動流体流路側の面117が翼腹面101Aよりも中空部113側に位置するように接続部112が設けられているため、上流スリット110の下流側で翼腹面101Aに付着した水滴21による水膜20cは、窪み部120に流入し、作動流体流路側の面117を翼長方向に流れ、最下流スリット111を介して中空部113に吸引され、排気室等送到られる。つまり、窪み部120で水膜20cを捕集することで、捕集した水膜20cに吸引作用が働く。

10

#### 【0035】

・上流スリット110及び最下流スリット111を設ける位置

図7は本実施形態に係る静翼101の上面図、図8は本実施形態に係る静翼101の翼腹面101Aに形成される水膜厚さ(水膜量)を例示する図である。図8において、横軸は無次元翼面位置、縦軸は水膜厚さを示している。なお、無次元翼面位置とは、静翼101の前縁部101Cから翼腹面101Aの任意の位置までの翼腹面101Aに沿った距離lを静翼101の前縁部101Cから後縁部101Bまでの翼腹面101Aに沿った距離Lで除した無次元値( $l/L$ )のことを言う(図7を参照)。

20

#### 【0036】

一般的に、静翼の前縁部から後縁部までの翼腹面に沿った線上の水膜厚さは翼腹面の位置によって異なり、翼腹面には、作動流体の翼腹面に対する流速の増加により翼腹面に集積する湿分が増加して水膜厚さが最大となる位置(ピーク位置)が存在する。そのため、翼腹面に形成された水膜を効率良く除去するには、水膜厚さのピーク位置の若干下流側にスリットを設けることが好ましい。

#### 【0037】

図8の場合、静翼101の翼腹面101Aに形成される水膜厚さは無次元値 $l/L = 0.6$ の位置付近で最大となる。また、水膜厚さが最大となる位置より下流側では、作動流体の翼腹面101Aに対する流速の増加に伴い水膜厚さは薄くなっていく。

30

#### 【0038】

そこで、本実施形態では、図8に破線で示すように、水膜厚さが最大となる領域の若干下流側である無次元値 $l/L = 0.6 \sim 0.8$ の範囲内に上流スリット110を設けている。

#### 【0039】

一方、仮に上流スリット110の上流側に形成された水膜を上流スリット110を介して100%除去したとしても、上流スリット110の下流側で翼腹面101Aに水滴が付着し、翼腹面101Aに再び水膜が形成される場合がある。

#### 【0040】

そこで、本実施形態では、無次元値 $l/L$ が上流スリット110の無次元値 $l/L$ より大きく、可能な限り無次元値 $l/L = 1.0$ に近い位置(すなわち、静翼101の後縁部101Bに近い位置)に最下流スリット111を設け、翼腹面101Aに形成される水膜を極力多く除去するように構成している。

40

#### 【0041】

(比較例1)

図9は比較例1の最終段落の一構成例を表す概略図である。図9において、図2の最終段落100と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

#### 【0042】

図9に示すように、比較例1の静翼201にはスリットが設けられていない。この場合、最終段落200を流れる作動流体が湿り蒸気の状態のとき、作動流体中に含まれる水滴

50

により静翼 201 の翼腹面 201 A に形成された水膜 20 は、静翼 201 の後縁部 201 B 側に向かって翼腹面 201 A を流れ、後縁部 201 B に到達すると、作動流体により翼腹面 201 A から離脱して水滴 22 の状態で下流側に飛散し、動翼 104 に衝突する。その結果、動翼 104 にエロージョン 23 が生じる。また、水滴 22 が動翼 104 に衝突することにより動翼 104 の回転が妨げられ、湿り損失も生じ得る。

#### 【0043】

(比較例 2)

図 10 は比較例 2 の最終段落の一構成例を表す概略図、図 11 は図 10 の静翼の一部を拡大して表す斜視図である。図 10, 11 において、図 2 の最終段落 100 と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

10

#### 【0044】

図 10 に示すように、最終段落 300 の静翼 301 は、スリット(上流スリット) 310 及びスリット(下流スリット) 311 を備えている。図 11 に示すように、上流スリット 310 及び下流スリット 311 は上流スリット 110 と同等の構成である。この場合、上流スリット 310 の不連続部 316 を通過して翼腹面 301 A に形成された水膜 20 d や、上流スリット 310 の下流側で新たに形成された水膜の一部が下流スリット 311 の不連続部 317 を通過して下流スリット 311 の下流側に水膜 20 e が形成される可能性がある。水膜 20 e は動翼 104 のエロージョン 23 (図 10 を参照) や湿り損失の原因となる。

#### 【0045】

20

(効果)

(1) 強度上の問題でスリットに不連続部を設けると、図 11 で説明したように、スリットを 2 本設けても下流スリット 311 の下流側に水膜 20 e が形成されてしまう。したがって、静翼の構造上可能な限り、少なくとも静翼のコード長方向の下流側(後縁部側)に翼長方向に連続的にスリットを設けることが好ましい。

#### 【0046】

一方、スリットを跨いで翼腹面に段差が生じると、段差部分において水膜の一部が翼腹面から離脱し、これが動翼のエロージョンの原因となり得る。そのため、翼腹面に形成された水膜を効率良く除去するためには、スリットを精度良く設ける必要もある。

#### 【0047】

30

本実施形態では、最下流スリット 111 に対応して設けた接続部 112 の作動流体流路側の面 117 が翼腹面 101 A よりも中空部 113 側に位置するので、図 11 で説明した不連続部と異なり、窪み部 120 により水膜を捕捉することができる。加えて、適当な間隔で最下流スリット 111 の上流側と下流側の壁面を接続部 112 でつないでいるので、最下流スリット 111 を跨いで翼腹面 101 A に段差が生じることを抑制することができる。そのため、翼腹面 101 A に形成された水膜の離脱を抑制し、水膜を効果的に除去することができ、静翼 101 の下流側への水滴の飛散を抑制することができる。したがって、動翼のエロージョンを抑制し、また、動翼 104 における湿り損失を抑制することができ、蒸気タービンの信頼性を高めることができる。

#### 【0048】

40

(2) 本実施形態では、接続部 112 により最下流スリット 111 のコード長方向に対向する内面 118, 119 が接続しているので、翼長方向の全長に渡って中空部と連通するように最下流スリットを構成した場合に比べて、静翼 101 の強度を向上させることができる。加えて、最下流スリット 111 の変形を抑制することができるので、最下流スリット 111 の精度を容易に管理することができる。

#### 【0049】

(3) 図 8 で説明したように、水膜厚さは翼腹面の位置によって異なる。そこで、本実施形態では、水膜厚さのピーク位置の若干下流側に上流スリット 110 を設け、上流スリット 110 の下流側であって静翼 101 の後縁部 101 B に近い位置に最下流スリット 111 を設けている。そのため、膜厚の水膜を上流スリット 110 で凡そ除去し、さらに上

50



流スリット 1 1 0 の下流側で形成された水膜も最下流スリット 1 1 1 で最終的に除去することができ、翼腹面 1 0 1 A に形成された水膜を効率良く除去することができる。

【 0 0 5 0 】

( 4 ) 本実施形態に係る静翼 1 0 1 は、作動流体流路と中空部 1 1 3 とを連通するとともに翼長方向に延在するスリットをコード長方向に複数並べ、複数のスリットのうちの最下流スリット 1 1 1 に対応して作動流体流路側の面 1 1 7 が翼面よりも中空部 1 1 3 側に位置するように、最下流スリット 1 1 1 のコード長方向の両側の壁面 1 1 8 , 1 1 9 を接続する接続部 1 1 2 を設けている。

【 0 0 5 1 】

例えば、( 比較例 1 ) の静翼 2 0 1 のように翼面にスリットが設けられていない既存の静翼がある場合は、翼面をカッター状の部材やレーザー等で削って翼面に複数のスリットを形成し、最下流スリットに接続部を設けることにより本実施形態に係る静翼 1 0 1 とすることができる。また、( 比較例 2 ) の静翼 3 0 1 のように翼面に複数のスリットが所定の間隔を空けて設けられている静翼については、最下流スリット間の不連続部をカッター状の部材やレーザー等で削って接続部を設けることにより本実施形態に係る静翼 1 0 1 とすることができる。

【 0 0 5 2 】

このように、本実施形態に係る静翼 1 0 1 は既存の静翼に対し簡単な作業を施すことにより容易に得ることができる。

【 0 0 5 3 】

< 第 2 実施形態 >

図 1 2 は、本実施形態に係る静翼の斜視図である。図 1 2 において、上記第 1 実施形態の静翼 1 0 1 と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【 0 0 5 4 】

図 1 2 に示すように、本実施形態に係る静翼 4 0 1 は、上流スリット 1 1 0 の代わりに上流スリット 4 1 0 及び接続部 4 1 2 を備える点で第 1 実施形態の静翼 1 0 1 と異なる。

【 0 0 5 5 】

上流スリット 4 1 0 及び接続部 4 1 2 は、最下流スリット 1 1 1 及び接続部 1 1 2 と同等の構成である。但し、接続部 4 1 2 は最下流スリット 1 1 1 の接続部 1 1 2 に対して翼長方向に位置をずらして設けてある。

【 0 0 5 6 】

上記構成により、本実施形態では上述した第 1 実施形態で得られる各効果に加えて、次の効果が得られる。

【 0 0 5 7 】

本実施形態では、上流スリット 4 1 0 を翼腹面 4 0 1 A に連続的に設け、上流スリット 4 1 0 に少なくとも 1 つの接続部 4 1 2 を設けているので、翼長方向に所定の間隔を空けて設けられた複数本のスリットにより上流スリットを構成した場合に比べて、より多くの水膜を捕捉することができる。

【 0 0 5 8 】

< 第 3 実施形態 >

図 1 3 は、本実施形態に係る静翼の斜視図である。図 1 3 において、上記第 2 実施形態の静翼 4 0 1 と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

【 0 0 5 9 】

図 1 3 に示すように、本実施形態に係る静翼 5 0 1 は、翼腹面 5 0 1 A に加えて、翼背面 5 0 1 D に、上流スリット 5 1 0 及び接続部 5 1 4 並びに最下流スリット 5 1 1 及び接続部 5 1 5 を備える点で第 2 実施形態の静翼 4 0 1 と異なる。

【 0 0 6 0 】

上流スリット 5 1 0 及び接続部 5 1 4 は上流スリット 4 1 0 及び接続部 4 1 2 と同等の構成であり、最下流スリット 5 1 1 及び接続部 5 1 5 は最下流スリット 1 1 1 及び接続部 1 1 2 と同等の構成である。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 1 】

上記構成により、本実施形態では上述した第 2 実施形態で得られる各効果に加えて、次の効果が得られる。

## 【 0 0 6 2 】

本実施形態では、翼腹面 5 0 1 A に加えて、翼背面 5 0 1 D に、上流スリット 5 1 0 及び接続部 5 1 4 並びに最下流スリット 5 1 1 及び接続部 5 1 5 を設けているので、翼背面 5 0 1 D に形成された水膜も捕捉することができる。

## 【 0 0 6 3 】

## &lt; 第 4 実施形態 &gt;

図 1 4 は、本実施形態に係る静翼の横断面図である。図 1 4 において、上記第 1 実施形態の静翼 1 0 1 と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

10

## 【 0 0 6 4 】

本実施形態に係る静翼 6 0 1 は、接続部 1 1 2 の代わりに接続部 6 1 2 を備える点で第 1 実施形態の静翼 1 0 1 と異なる。その他の構成は、第 1 実施形態と同様である。

## 【 0 0 6 5 】

図 1 4 に示すように、接続部 6 1 2 は、最下流スリット 1 1 1 に対応して作動流体流路側の面 6 1 7 が翼腹面 6 0 1 A よりも中空部 1 1 3 側に位置するように中空部 1 1 3 内に設けられている。接続部 6 1 2 は、最下流スリット 1 1 1 を跨ぐようにして最下流スリット 1 1 1 のコード長方向の両側の壁面 6 1 8 , 6 1 9 を接続している。すなわち、図 1 4 に示す断面においては、翼腹面 6 0 1 A から中空部 1 1 3 側に窪み、作動流体流路側の面 6 1 7 を底面とする窪み部 6 2 0 が翼腹面 6 0 1 A に最下流スリット 1 1 1 に対応するように形成されている。接続部 6 1 2 の翼長方向の両端部は最下流スリット 1 1 1 を介して中空部 1 1 3 と連通している。接続部 6 1 2 は、例えば溶接により壁面 6 1 8 , 6 1 9 に取り付けられている。

20

## 【 0 0 6 6 】

翼腹面 6 0 1 A から窪み部 6 2 0 に流入した水膜は、作動流体流路側の面 6 1 7 を翼長方向に流れ、最下流スリット 1 1 1 を介して中空部 1 1 3 に吸引され、排気室等に送られる。

## 【 0 0 6 7 】

上記構成により、本実施形態では上述した第 1 実施形態で得られる各効果に加えて、次の効果が得られる。

30

## 【 0 0 6 8 】

最下流スリットのコード長方向に対向する内面を接続部により接続する場合、窪み部の深さを確保する必要があるため、窪み部の深さ方向における接続部の高さが制限されてしまう。これに対し、本実施形態では、接続部 6 1 2 を中空部 1 1 3 内に設けているため、窪み部の深さ方向における接続部の高さを大きく確保することができ、静翼 6 0 1 の強度をより高めることができる。加えて、接続部をスリット内に設ける場合に比べて翼腹面 6 0 1 A から作動流体流路側の面 6 1 7 までの深さを深くすることができる（翼腹面 6 0 1 A の板厚分確保できる）ため、水膜の捕捉効率がより向上する。

## 【 0 0 6 9 】

また、本実施形態の静翼 6 0 1 は、翼腹面 6 0 1 A に最下流スリット 1 1 1 を設け、中空部 1 1 3 内に最下流スリット 1 1 1 を跨ぐようにして静翼 6 0 1 のコード長方向の両側の壁面 1 1 8 , 1 1 9 を接続するように接続部 6 1 2 を溶接等により設ければ良いので、容易に製作することができる。

40

## 【 0 0 7 0 】

## &lt; 第 5 実施形態 &gt;

図 1 5 は、本実施形態に係る静翼の横断面図である。図 1 5 において、上記第 4 実施形態と同等の部分には同一の符号を付し、適宜説明を省略する。

## 【 0 0 7 1 】

本実施形態に係る静翼 7 0 1 は、接続部 6 1 2 の代わりに接続部 7 1 2 を備える点で第

50

4 実施形態の静翼 6 0 1 と異なる。その他の構成は、第 4 実施形態と同等である。

【 0 0 7 2 】

接続部 7 1 2 は、中空部 1 1 3 を挟んで最下流スリット 1 1 1 と対向する面、つまり翼背面 7 0 1 D に接している。その他の構成は、接続部 6 1 2 と同等である。

【 0 0 7 3 】

上記構成により、本実施形態では上述した第 4 実施形態で得られる各効果に加えて、次の効果が得られる。

【 0 0 7 4 】

本実施形態では、接続部 7 1 2 が翼背面 7 0 1 B に接しているため、静翼 7 0 1 の強度を大幅に高めることができる。また、接続部 7 1 2 が翼腹面 7 0 1 A と翼背面 7 0 1 B とのスペースを維持するスペーサとして機能するため、静翼 7 0 1 の変形等を抑制することができ、静翼 7 0 1 の信頼性を高めることができる。

【 0 0 7 5 】

< その他 >

本発明は上記した各実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施形態は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。例えば、ある実施形態の構成の一部を他の実施形態の構成に置き換えることが可能である。また、各実施形態の構成の一部を削除及び置換することも可能である。

【 0 0 7 6 】

上述した実施形態では、最下流スリットに対応する接続部を中空部内に設けた場合を例示した。しかしながら、本発明の本質的効果は翼面の水膜を効果的に除去することができる蒸気タービン静翼を提供することであり、この本質的効果を得る限りにおいては、必ずしもこの構成に限定されない。例えば、最下流スリットに対応する接続部とともに上流スリットに対応する接続部を中空部内に設けても良い。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 7 】

1 1 3 中空部

1 0 4 蒸気タービン動翼（動翼）

1 0 1 , 4 0 1 , 5 0 1 , 6 0 1 , 7 0 1 蒸気タービン静翼（静翼）

1 1 0 , 4 1 0 , 5 1 0 スリット（上流スリット）

1 1 1 , 5 1 1 スリット（最下流スリット）

1 1 2 , 4 1 2 , 5 1 4 , 5 1 5 , 6 1 2 , 7 1 2 接続部

1 0 1 A , 4 0 1 A , 5 0 1 A , 6 0 1 A , 7 0 1 A 翼腹面

5 0 1 D 翼背面

1 0 1 C 前縁部

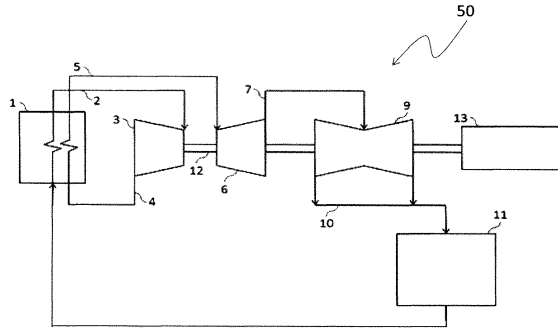
1 0 1 B 後縁部

10

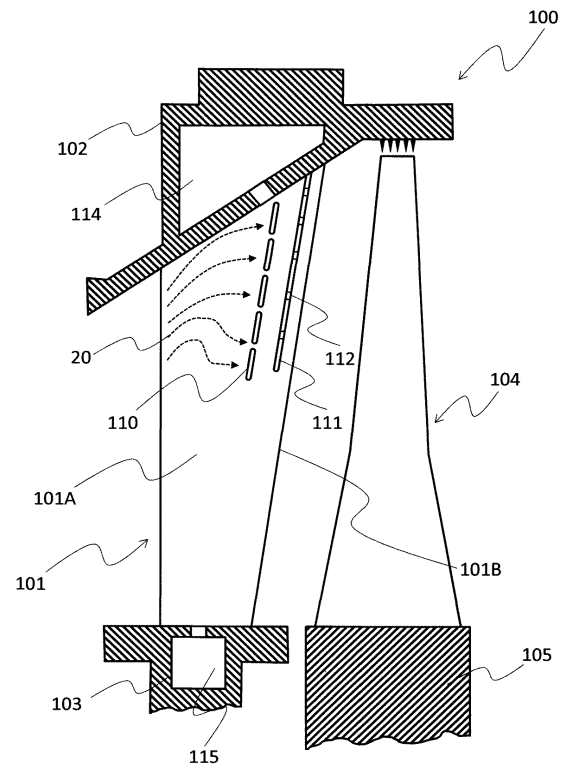
20

30

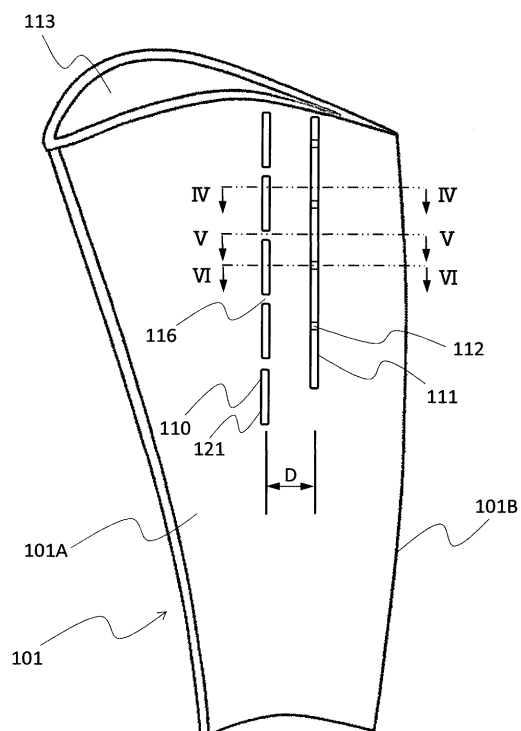
【図 1】



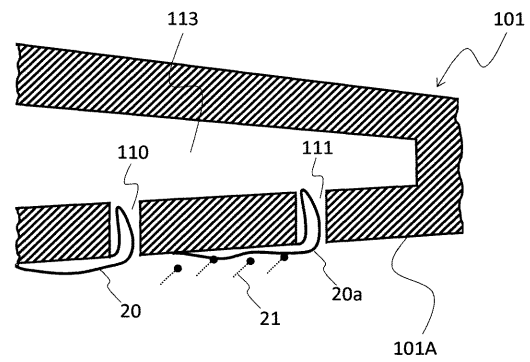
【図 2】



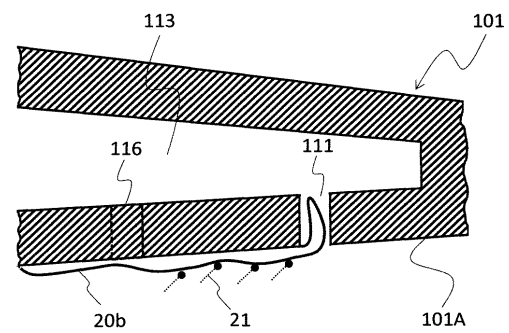
【図 3】



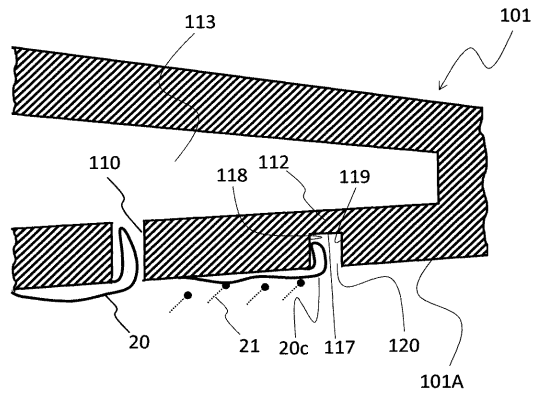
【図 4】



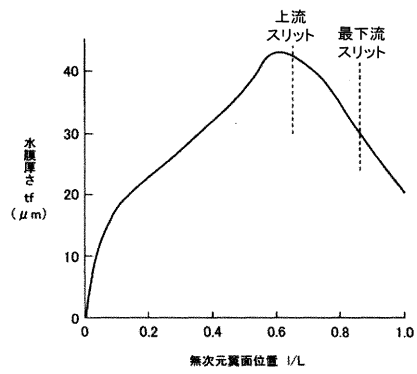
【図 5】



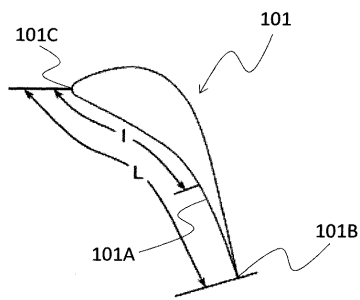
【図 6】



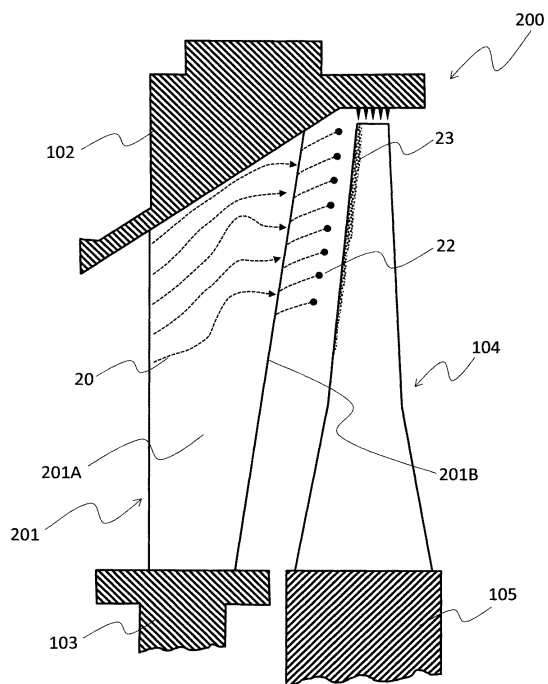
【図 8】



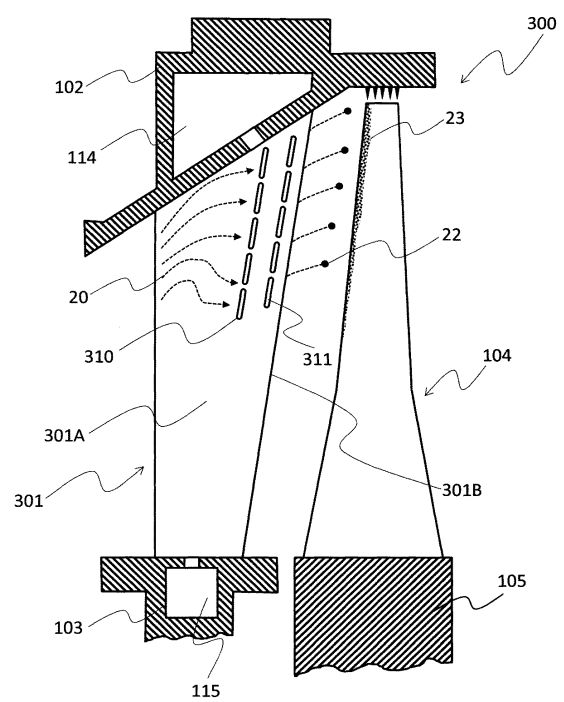
【図 7】



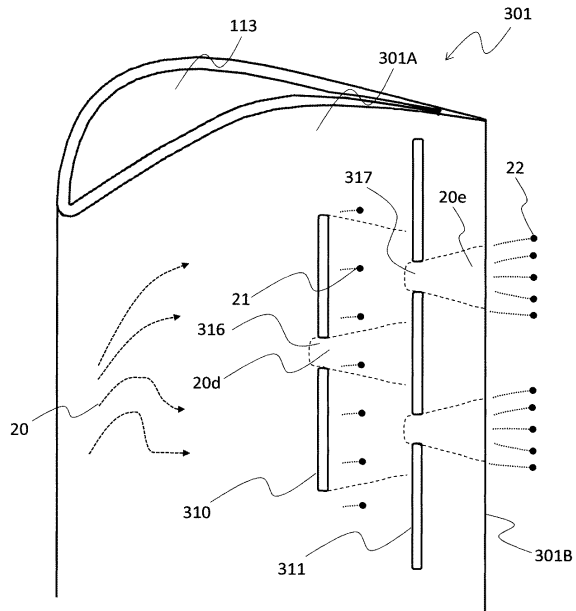
【図 9】



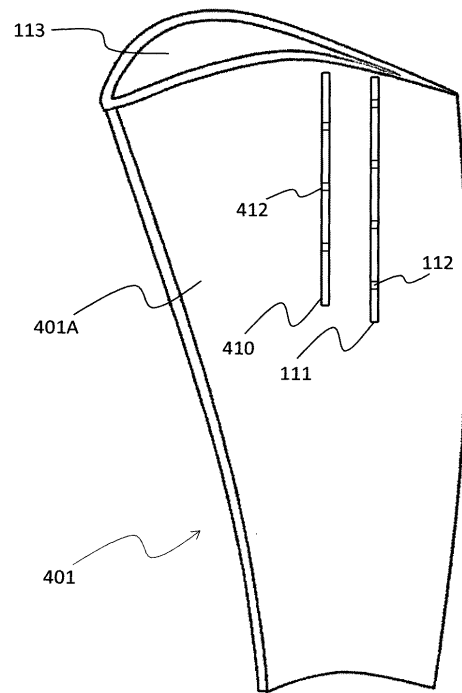
【図 10】



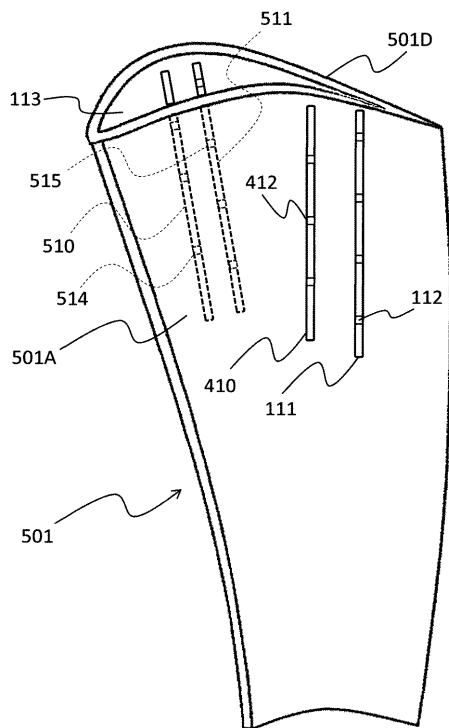
【図 1 1】



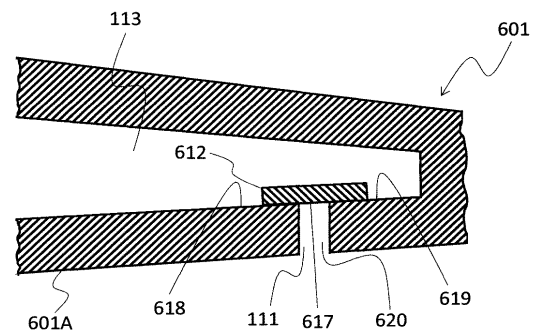
【図 1 2】



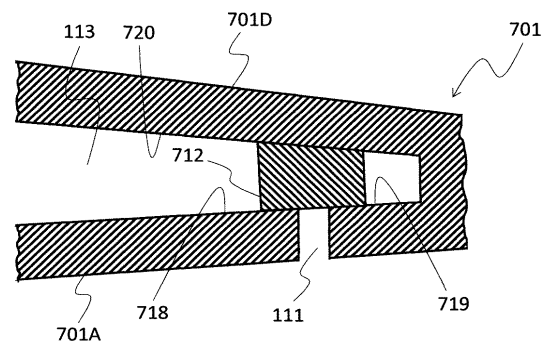
【図 1 3】



【図 1 4】



【図 1 5】



---

フロントページの続き

(72)発明者 工藤 健

神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3番1号  
社内

三菱日立パワーシステムズ株式会

審査官 山崎 孔徳

(56)参考文献 特公昭49-009522(JP,B1)

特開2014-055577(JP,A)

特開昭63-272902(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F01D 9/02