

(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2018-48565
(P2018-48565A)

(43) 公開日 平成30年3月29日(2018.3.29)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
F 0 1 D 11/02 (2006.01)	F O 1 D 11/02	3 G 2 0 2
F 1 6 J 15/447 (2006.01)	F 1 6 J 15/447	3 J 0 4 2

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2016-182936 (P2016-182936)	(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28年9月20日 (2016.9.20)	(71) 出願人	317015294 東芝エネルギーシステムズ株式会社 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34
		(74) 代理人	100111121 弁理士 原 拓実
		(72) 発明者	横江 晴佳 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	野村 大輔 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

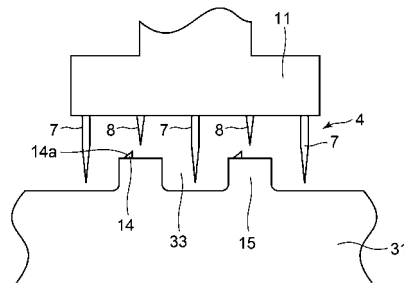
(54) 【発明の名称】 軸流タービンシール装置

(57) 【要約】

【課題】軸流タービンシール装置における漏洩流量の低減により、タービン性能を向上させた軸流タービンのシール装置を提供することを目的とする。

【解決手段】本実施形態では、シール装置を構成するフィンのうち、回転部凸部に対向するフィンの上流側または下流側であって、回転部凸部の外周面上に設けられ、上流から下流に上昇する斜面を有する凸部を有する軸流タービンシール装置を提供すること、または回転部凸部におけるフィンの上流側の縁において、上流から下流に上昇する斜面を有することにより上記目的を達成する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸流タービンのロータに植設される動翼の外周面の軸方向に沿って環状の回転部凹部と回転部凸部とが交互に並ぶよう形成され、前記回転部凹部、前記回転部凸部に対向し静止部の内周面に沿って円環状に複数個配列されたフィンを備えた軸流タービンシール装置において、

前記フィンのうち、前記回転部凸部に対向するフィンの上流側または下流側であって、前記回転部凸部の外周面上に設けられ、上流から下流に上昇する斜面を有する凸部を有することを特徴とする軸流タービンシール装置。

【請求項 2】

前記回転部凸部の外周面上に設けられる凸部における上流から下流に上昇する斜面の高さを h 、ロータ外周面の回転部凸部と静止部内周面のフィンとの間隙を H とするとき、

$$0.5 \times H \leq h \leq d$$

の関係を満たしていることを特徴とする請求項 1 に記載の軸流タービンシール装置。

【請求項 3】

前記回転部凸部の外周面上に設けられる凸部が前記フィンの上流側に位置する場合、上流から下流に上昇する斜面の高さを h 、ロータ外周面の環状凸部と静止部内周面のフィンとの間隙を H 、前記斜面の上昇開始位置から前記フィン位置までの軸方向距離を W 、前記ロータの凸部外周面上から上昇する前記斜面の角度を θ とするとき、

$$\tan^{-1} (H/W) \leq \theta$$

の関係を満たしていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の軸流タービンシール装置。

【請求項 4】

前記回転部凸部に位置する上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部が、快削材で形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の軸流タービンシール装置。

【請求項 5】

軸流タービンのロータに植設される動翼の外周面の軸方向に沿って環状の回転部凹部と回転部凸部とが交互に並ぶよう形成され、前記回転部凹部、回転部凸部に対向し静止部の内周面に沿って円環状に複数個配列されたフィンを備えた軸流タービンシール装置において、

前記回転部凸部における前記フィンの上流側の縁において、上流から下流に上昇する斜面を有することを特徴とする軸流タービンシール装置。

【請求項 6】

上流から下流に上昇する斜面を有する縁の斜面の高さを d 、ロータ外周面の環状凸部と静止部内周面のフィンとの間隙を H 、前記斜面をもつ縁の上昇開始位置から前記フィン先端位置までの軸方向距離を W 、前記回転部凸部の外周面上から上流側に下降する角度を θ とするとき、

$$\tan^{-1} \{ (d + H)/W \} \leq \theta$$

の関係を満たしていることを特徴とする請求項 5 に記載の軸流タービンシール装置。

【請求項 7】

上流から下流に上昇する斜面の高さを d 、ロータ外周面の環状凸部と静止部内周面のフィンとの間隙を H とするとき、

$$0.5 \times H \leq d$$

の関係を満たしていることを特徴とする請求項 6 に記載の軸流タービンシール装置。

【請求項 8】

軸流タービンのロータの外周面に対向する静止部の内周面に沿って形成される環状の静止部凹部と静止部凸部とが交互に並ぶように形成された静止部と、前記静止部凹部と前記静止部凸部とに対向し、ロータの外周面に沿って円環状に複数配列されたフィンを備えた軸流タービンシール装置において、

前記静止部凸部に対向するフィンの上流または下流であって、前記静止部凸部の外周面上

10

20

30

40

50

に設けられ、上流から下流に上昇する斜面を有する凸部を有することを特徴とする軸流タービンシール装置。

【請求項 9】

軸流タービンのロータの外周面に対向する静止部の内周面に沿って形成される環状の静止部凹部と静止部凸部とが交互に並ぶように形成された静止部と、前記静止部凹部と前記静止部凸部とに対向し、ロータの外周面に沿って円環状に複数配列されたフィンとを備えた軸流タービンシール装置において、

前記静止部凸部における前記フィンの上流側の縁において、上流から下流に上昇する斜面を有することを特徴とする軸流タービンシール装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、軸流タービンのシール性能を向上するシール装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、地球温暖化の抑制が強く望まれる中、発電プラントにおいても発電効率の改善により発電用の燃料消費を減らし、二酸化炭素の排出を抑制することが必要とされている。そのため、タービン性能の向上が重要な課題となっている。

【0003】

タービン性能の向上を図るには、タービン段落の損失を改善する必要がある。タービン段落の損失には、様々なものがあり、翼形状そのものに起因するプロファイル損失と、翼列間を流れる流体力に起因する二次流れ損失と、作動流体が翼列間を通過せずに翼列間外部を通過、つまりタービン翼列以外へ漏洩することによる外部漏洩損失に分けることができる。

【0004】

タービン段落は、図 1 1 に示す、タービンノズル 1 やダイアフラム内輪 1 6 などの静止部品と、ロータ 1 3 やタービン動翼 5 などの回転部品から構成されており、静止部品と回転部品との位置関係において、回転部品との接触を避けるために隙間を設けることは、必要不可欠である。そのため、タービン翼列以外の隙間に流体が必ず漏れることになり、漏洩流量に応じてタービン出力の低下が生じることになる。さらに、漏洩した流体が、タービン翼列を通過する流体と合流するとき、お互いの流れの方向が大きく異なっているため、合流時にも損失が発生している。このように、タービン性能を向上させるためには、漏洩流量を低減させることが大きな課題となっている。

【0005】

一般的な蒸気タービンの段落の構成を図 1 1 に示す。複数枚のタービンノズル 1 がダイアフラム外輪 1 7 とダイアフラム内輪 1 6 との間に形成され、かつ周方向に配列されている。ダイアフラム内輪 1 6 とロータ 1 3 の間には、作動流体の漏洩を減らすために複数のフィン 4 から構成されるラビリンスパッキン 1 8 が周方向に取付けてある。このように形成されたタービンノズル 1 の下流側には、上記各タービンノズル 1 に対向して複数枚のタービン動翼 5 が配設されている。このタービン動翼 5 はロータディスク 3 2 の外周の周方向に所定間隔で列状に植設されており、タービン動翼 5 の外周端には、タービン動翼を固定するためのスナッパ 3 1 が装着されており、スナッパ 3 1 とダイアフラム外輪 1 7 にも作動流体の漏洩を防止するためのフィン 4 とラビリンスパッキン 1 8 が取付けてられている。

【0006】

漏洩流量を減らすため、様々なシール技術が発明および製品に採用されているが、蒸気タービンに広く採用されているものはラビリンスパッキンである（特許文献 1 参照）。ラビリンスパッキンは、回転体であるロータに対して板形状のフィンを軸流方向に複数設置した構造である。特に、図 1 0 に示すフィン 4 の高さが大きいものと小さいものを交互に配置するラビリンスパッキンが多く適用されている。ラビリンスパッキンのフィン 4 は、

10

20

30

40

50

小さな通過面積と相対的に広い空間を順次配列する構成になっており、フィンの先端はロータ13の回転体に接近して設置される。狭い通過面積と広い空間を通過することで漏洩流体の加速、減速の順次反復を繰り返して流体を膨張させることで、流体抵抗が増して漏洩流量が低減される。しかしながら、流量全体の数パーセントが漏洩流量として存在しており、タービン効率の低下を招いている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2002-3214113号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記の通り、従来軸流タービンでは、クリアランスを詰めてリークを減らそうとすると静止側と回転側で接触するなど限界があり、シール装置部分における漏洩流量を十分に低減させることができず、タービン翼列部の流量低下にとともなうタービン出力の低下すなわちタービン効率を低下させている問題があった。さらに、シール装置部より漏洩した流体が、タービン翼列を通過する流体と合流するとき、お互いの流れの方向が大きく異なっているため、合流時に損失が発生し、タービン効率を低下させる問題があった。

【0009】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、軸流タービンのシール装置を改善することで、シール装置における漏洩流量の低減によりタービン性能を向上させた軸流タービンのシール装置を提供することを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するために、本発明は、シール装置を構成するフィンのうち、回転部凸部に対向するフィンの上流側または下流側であって、回転部凸部の外周面上に設けられ、上流から下流に上昇する斜面を有する凸部を有する軸流タービンシール装置を提供することにより上記目的を達成する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、凸部によりフィンに当たった流体が、間隙を通過しようとする流体を圧縮することにより、流体が漏洩しにくくすることができるため、軸流タービンのシール装置を改善することで、シール装置における漏洩流量の低減によりタービン性能を向上することができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の実施形態1を示すシール装置図

【図2】従来例の流れ様子を説明する図

【図3】実施形態1の流れ様子を説明する図

【図4】本発明の実施形態2を説明する図

40

【図5】本発明の実施形態2を説明する図

【図6】本発明の実施形態3を説明する図

【図7】本発明の実施形態4を説明する図

【図8】本発明の実施形態4を説明する図

【図9】本発明の実施形態5を示すシール装置図

【図10】従来シール装置の図

【図11】タービン段落の構成図

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、本発明に係わる軸流タービンとシール装置の実施形態について添付図面を参照し

50

て説明する。

【0014】

(実施形態1)

図1から3を用いて実施形態1を説明する。図1は本実施形態1における代表的な軸流タービンのラビリンスシール構造を示す。回転部であるロータ13に植設される動翼の先端に位置するシュラウド31の外周面には、軸方向に沿って環状の回転部凸部15と回転部凹部33とが設けられる。

【0015】

前記ロータに対向する静止部11の内周面に沿って円環状に複数個フィン4が配列される。具体的には、回転部凸部15にフィン8が対向し、回転部凹部33にフィン7が対向している。

10

【0016】

また、回転部凸部15に位置するフィンの上流側における、回転部凸部15の外周面上に凸部14を設置し、上流から下流に上昇する斜面14aを有することを特徴とする。

【0017】

一般的にシール部分の漏洩流量を減らすためには、フィンの絞り部間隙面積を小さくすること、または、フィンの枚数を多くすること、または、フィンの流体抵抗を大きくすることが考えられる。しかしながら、実際のタービン段落では、フィン7, 8と回転体であるロータ13の接触を避けるため、ある程度の間隙を確保しなければならないし、また、軸方向にも、タービン全長をむやみに延ばせないため制限がありフィン4の設置枚数も限界がある。そのため、現状のシール構造において、漏洩流量をさらに低減させることが難しい。

20

【0018】

従来型シール構造における流体の流れを示すために、ロータ外周面に軸方向に沿って形成された環状凸部の拡大を図2に示す。流体は、図の左から右に向かって流れている条件である。図2に示す通り、主にロータ13の回転により遠心力が働き、図のような渦構造となる。フィン8の先端に向け大きな渦10により穏やかに圧縮されながらフィン8の間隙を通過する。

【0019】

一方、本実施形態の流体の流れを図3に示す。回転部凸部外周面上を流れる流体は、回転部凸部15の外周面上に設置した上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8の間隙よりも上部に衝突する。その後、一部の流体はフィン8に沿って図の内径方向(図では下方側)に向かって流れ、回転部凸部15表面上に衝突し、フィン8の間隙を通過するが、残りの流体はフィン8に沿って図の外径方向(図では上方側)に向かって流れ、静止部11の内周面上、フィン7、回転部凸部外周面上の順に衝突し、渦35を形成する。この際、渦35と逆回転の強力な渦36が狭い空間に発生する。これにより間隙を通過しようとする流れは強く圧縮されて、漏洩がしにくくなる。本実施形態の構造とすることで、シール部における漏洩流量を低減することでタービン効率を向上させることができる。

30

【0020】

(実施形態2)

図4から図5を用いて実施形態2を説明する。図4は本実施形態を説明する記号について記載しており、回転部凸部15と静止部11の内周面のフィン8との間隙をH、回転部凸部15に設置した上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14の高さをhとしたとき、 $0.5 \times H < h < H$ の関係を満たしていることを特徴とする。図5にhと漏洩量の関係を示した概念図である。hが $0.5 \times H$ 以下では、漏洩流量の低減が少なく、 $0.5 \times H$ 以上になると漏洩流量低減効果が大きくなる。上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14のhの高さが低い場合は、回転部凸部外周面上を流れる流体は、上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14により斜面方向に流れの向きが変わっても、外径方向に対して十分な高さではないためフィン8に衝突せずにフィン8の間隙を通過する。このため、漏洩流量

40

50

の低減とはならない。一方、 h を $0.5 \times H$ 以上にする事で、上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8に衝突し、内径方向への流れが生じ、間隙の流れを効果的に縮流させることができる。また、 h を H より大きくすると、ロータ軸方向における伸び差により接触する可能性があることから、 h を H 以下とすることが望ましい。

【0021】

次に、上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14の斜面の上昇開始位置からフィン先端位置までの軸方向距離を W 、回転部凸部15の外周面上から外径方向（図では上方側）に上昇する前記斜面の角度を θ とするとき、 $\tan^{-1}(H/W)$ の関係を満たしていることを特徴とする。

10

【0022】

蒸気タービンの起動運転途中では、ロータと静止部において温度差が生じるため、各々の温度の違いにより熱伸びに差が発生する。これにより、静止部のフィンとロータの軸方向位置が相対的に変化する。この位置の変化により、ロータ13外周面の環状凸部15の外周面上に設置された上流から下流に上昇する斜面を有する凸部14とフィン8とが同じ軸方向位置となり、ロータの偏心により接触する可能が生じる。回転接触した場合、高速接触による発熱でフィン8の変形もしくは損傷に到り、タービンに大きなダメージを及ぼすことになる。さらに、フィン8の変形により間隙が大きくなり、漏洩流量が増加し、タービン出力の低下を招くことになる。

20

【0023】

よって凸部14とフィン8との接触を防ぐために、両者の間隔 W を離すのが好ましいが、 W の距離を離した場合でも、 $\tan^{-1}(H/W)$ の関係を満たしていれば、上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部14により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8に衝突することで、内径方向への流れが生じ、間隙の流れを効果的に縮流させることができる。

【0024】

（実施形態3）

図6を用いて実施形態3を説明する。実施形態1で示した、回転部凸部15に位置するフィン8の上流側に設置した上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部6が、フィン8の下流側に設置されていることを特徴とする。図6では、回転部凸部の外周面上を流れる流体はフィン8の間隙を通過するが、フィン8の間隙を通過した流体は、フィンの下流側に設置されている上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部6により、斜面方向に流れの向きが変わり、外径方向（図では上方側）に向かって流れ、それが流体抵抗になり、フィン8の間隙を通過する流体の速度を減速させることができる。本実施形態の構造とすることで、シール部における漏洩流量を低減することでタービン効率を向上させることができる。

30

【0025】

次に、回転部凸部15に位置するフィン8の下流側に設置した凸部6が、快削材で形成されていることを特徴とする。

【0026】

快削材は、高速接触に対して非発熱状態に維持される材質である。このため、本実施形態のように上流から下流に上昇する斜面をもつ凸部6に快削材を用いることで、上述のように高速回転で接触した際にもフィン8の損傷を防ぎ、タービンに大きなダメージを回避できる。さらに、フィン8の変形を防止し、タービン出力の低下を防止できる。

40

【0027】

（実施形態4）

図7～8を用いて実施形態4を説明する。回転部であるロータ13の外周面の軸方向に沿って環状凹凸部を形成したロータと、前記ロータ13に対向する静止部の内周面に沿って円環状に複数個配列されたフィン4とを備えたシール装置において、前記回転部凹部33にフィン7が向かい合い、前記ロータの凸部15にフィン8が向かい合い、回転部凸部15に向かい合うフィン8の上流側の縁12において、縁12は上流から下流に上昇する斜面を有することを特徴とする。

50

【0028】

図7に示す通り、回転部凸部15に向かう流体はフィン8上流側の縁12により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8の間隙よりも上部に衝突する。その後、一部の流体はフィン8に沿って図の内径方向（図では下方側）に向かって流れ、ロータの凸部15表面上に衝突し、フィン8の間隙を通過するが、残りの流体はフィン8に沿って図の外径方向（図では上方側）に向かって流れ、静止部11の内周面上、フィン7、回転部凸部外周面上の順に衝突し、渦35を形成する。この際、渦35と逆回転の強力な渦36が狭い空間に発生する。これにより間隙を通過する流れは強く圧縮されて、間隙より狭い状態で漏洩流体が通過することになる。更に、ロータ外周面の凸部15と静止部11の内周面からのフィン8との間隙を小さくすることがないため、上述のようにロータの軸方向における伸び差による接触の可能性がより減少し、内径方向への流れを発生させることで漏洩流体を縮流させることができる。

10

【0029】

次に、図8に本実施形態の回転部凸部15とフィン8との関係について記載する。上流から下流に上昇する斜面を有する縁12の上昇開始位置から上昇終了位置までの高さをd、ロータ13外周面の環状凸部15と静止部11の内周面のフィン8との間隙をH、前記斜面をもつ縁12の上昇開始位置から前記フィン8先端位置までの軸方向距離をW、前記回転部凸部15の外周面上から上流側に下降する角度を θ とするとき、 $\tan^{-1} \{ (d+H)/W \}$ の関係を満たしていることを特徴とする。

20

【0030】

$\tan^{-1} \{ (d+H)/W \}$ の関係を満たしていれば、上流から下流に上昇する斜面をもつ縁12により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8に衝突することで、内径方向への流れが生じ、間隙の流れを効果的に縮流させることができる。これにより、ロータ外周面の凸部15と静止部内周面のフィン8との間隙を小さくすることがないため、ロータの軸方向における伸び差により接触する可能性がより減少し、更に、内径方向への流れをより効果的に発生させることができるため、漏洩流量を低減できる。

【0031】

続いて、 $0.5 \times H < d$ の関係を満たしていることを特徴とする。実施形態1に記載のhと同様に、dが $0.5 \times H$ 以下では、漏洩流量の低減が少なくなる。上流から下流に上昇する斜面をもつ縁12の高さdが低い場合は、回転部凸部外周面上を流れる流体は、上流から下流に上昇する斜面をもつ縁12により斜面方向に流れの向きが変わっても、外径方向に対して十分な高さではないためフィン8に衝突せずにフィン8の間隙を通過する。このため、漏洩流量の低減とはならない。一方、dを $0.5 \times H$ 以上にすることで、上流から下流に上昇する斜面をもつ縁12により斜面方向に流れの向きが変わり、フィン8に衝突し、内径方向への流れが生じ、間隙の流れを効果的に縮流させることができる。

30

なお、第1から第4実施形態においては、ロータ流体を上昇させる凸部を回転部凸部に

【0032】

(第5実施形態)

図9を用いて実施形態5を説明する。回転部であるロータ13の外周面にフィン4が複数個配列されたロータと、前記ロータ13に対向する静止部11の内周面に沿って環状凹凸部を形成する静止部とを備えたシール装置において、前記静止部11の凹部34にフィン4と、前記静止部11の凸部2にフィン4が位置され、前記静止部11の凸部2に位置するフィン4の上流側に、前記静止部11の凸部2の外周面上の凸部3を設置し、上流から下流に上昇する斜面を有することを特徴とする。静止部11に上述した実施形態1～4までの構造を適用しても同様の効果が得られ、漏洩量を抑制し、タービン効率を向上させることができる。

40

【0033】

なお、以上第1から第5実施形態において、回転部凸部または静止部凸部に対向するフィン4は図では1つの場合を説明したが、2つ以上ある場合でも本発明を適用することができる。

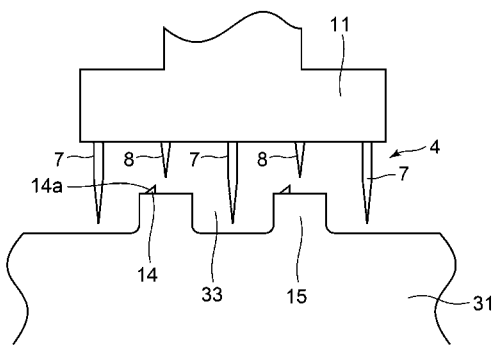
50

【符号の説明】

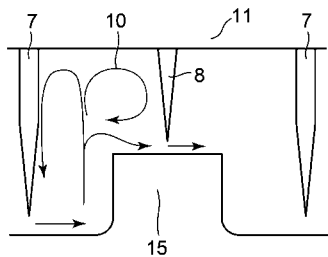
【0034】

7, 8・・・フィン、10・・・渦、11・・・静止部、12・・・縁、14・・・上流から下流に上昇する斜面を有する凸部、15・・・回転部凸部、31・・・ロータ、33・・・回転部凹部、34・・・静止部凹部、35、36・・・渦

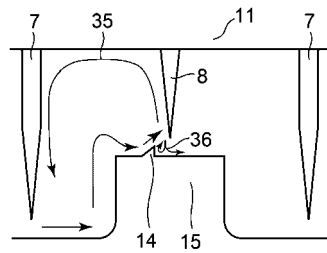
【図1】



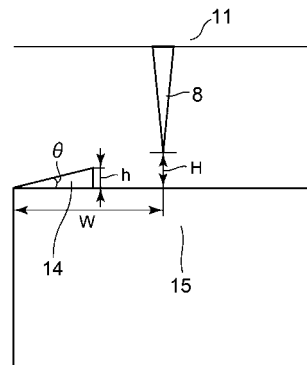
【図2】



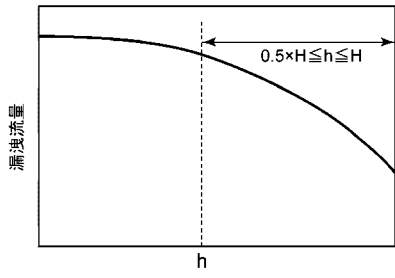
【図3】



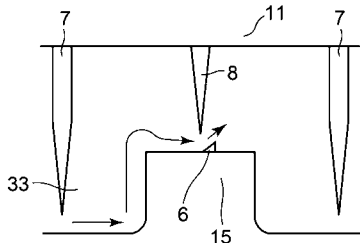
【図4】



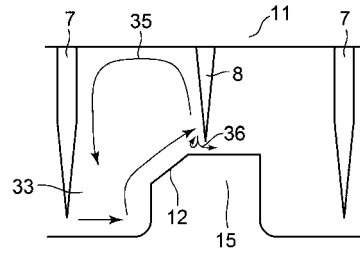
【 図 5 】



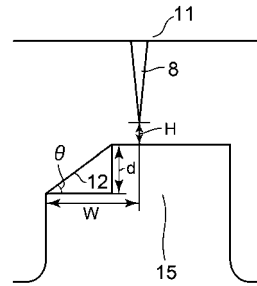
【 図 6 】



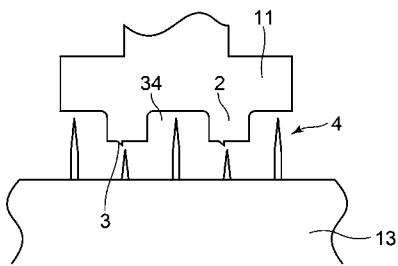
【 図 7 】



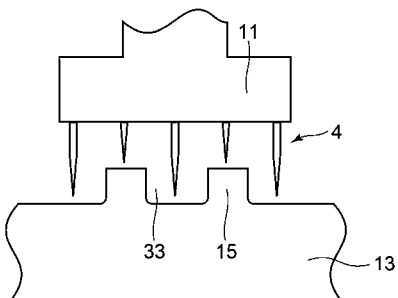
【 図 8 】



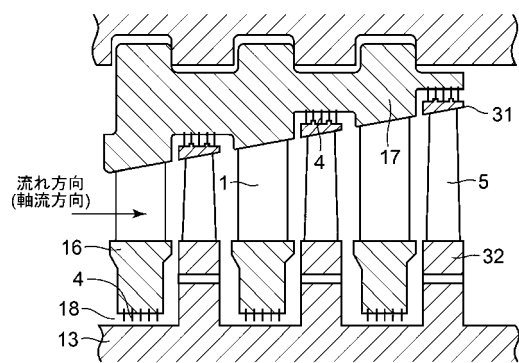
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

(72)発明者 村田 頼治

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 須賀 威夫

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) 3G202 KK04 KK05 KK06 KK07 KK17 KK22 KK23
3J042 AA04 CA10