

(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2019-100255

(P2019-100255A)

(43) 公開日 令和1年6月24日(2019.6.24)

(51) Int.Cl.
F 0 1 D 25/30 (2006.01)F 1
F 0 1 D 25/30

テーマコード (参考)

B

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 21 頁)

(21) 出願番号 特願2017-231926 (P2017-231926)
(22) 出願日 平成29年12月1日 (2017.12.1)(71) 出願人 514030104
三菱日立パワーシステムズ株式会社
神奈川県横浜市西区みなとみらい三丁目3
番1号
(74) 代理人 100149548
弁理士 松沼 泰史
(74) 代理人 100162868
弁理士 伊藤 英輔
(74) 代理人 100161702
弁理士 橋本 宏之
(74) 代理人 100189348
弁理士 古部 智
(74) 代理人 100196689
弁理士 鎌田 康一郎

最終頁に続く

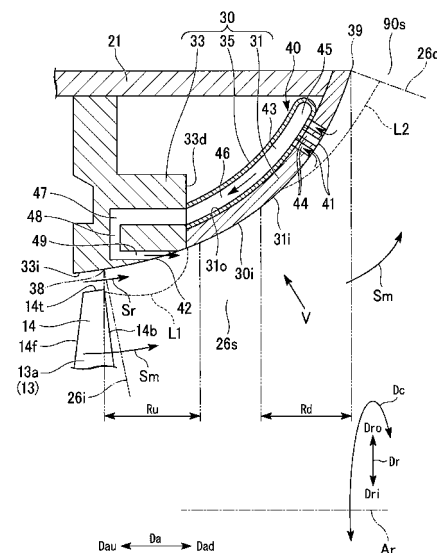
(54) 【発明の名称】 ディフューザ、及びこれを備える蒸気タービン

(57) 【要約】

【課題】 ディフューザ空間内での剥離発生領域の形成を抑制する。

【解決手段】 ディフューザは、外側環30と、内側環と、を備える。外側環30の内周面30i中で、最終動翼列13aの先端14t中で最も軸線下流側Dadの位置と軸線方向Daの位置が同じ部分が入口縁38を成す。内周面30i中で、軸線下流側Dadの端が出口縁39を成す。内周面30i中で、出口縁39から軸線上流側Dauに広がる領域が下流領域Rdを成す。内周面30i中で、入口縁38から軸線下流側Dadに広がる領域が上流領域Ruを成す。外側環30は、剥離抑制構造40を有する。剥離抑制構造40は、内周面30i中の下流領域Rd内で開口している吸込口41と、内周面30i中の上流領域Ru内で開口している吐出口42と、吸込口41と吐出口42とを連通させる蒸気戻し流路43と、を有する。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

軸線を中心として回転する蒸気タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気が流れる蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記軸線を基準にして環状を成し、前記軸線が延びる方向で且つ前記最終動翼列から遠ざかる側である軸線下流側に向うに連れて次第に前記軸線に対する径方向外側に向かう外側環と、

前記軸線を基準にして環状を成し、前記外側環に対して径方向内側に離間し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かい、前記外側環との間に前記最終動翼列からの蒸気が流れるディフューザ空間を形成する内側環と、

10

を備え、

前記外側環の径方向内側を向く内周面中で、前記最終動翼列の先端で最も前記軸線下流側の位置と、前記軸線が延びる軸線方向の位置が同じ部分が入口縁を成し、

前記内周面中で、前記軸線下流側の端が出口縁を成し、

前記内周面中で、前記出口縁から、前記前記軸線下流側の反対側である軸線上流側に広がり、前記入口縁を含まない領域が下流領域を成し、

前記内周面中で、前記下流領域よりも前記軸線上流側に位置し、前記入口縁から前記軸線下流側に広がる領域が上流領域を成し、

前記外側環は、剥離抑制構造を有し、

前記剥離抑制構造は、前記内周面中の前記下流領域内で開口している吸入口と、前記内周面中の前記上流領域内で開口している吐出口と、前記吸入口と前記吐出口とを連通させる蒸気戻し流路と、を有する、

20

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記吐出口は、前記蒸気戻し流路内から前記軸線下流側に向って開口している、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記蒸気戻し流路は、前記軸線方向の方向成分を含む延在方向に延びて前記吐出口に至る吐出流路を有し、

30

前記剥離抑制構造は、前記吐出流路内で前記延在方向に延びる吐出流路軸を中心として旋回する蒸気の渦を発生させる縦渦生成構造を有する、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記縦渦生成構造は、前記吐出流路の内周面から凹み且つ前記吐出流路軸を中心として螺旋状の延びる螺旋溝を有する、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 5】

40

請求項 3 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記蒸気戻し流路は、前記軸線に対する径方向の方向成分を含む方向に延びる径方向流路軸を中心として円柱状の径方向流路を有し、

前記吐出流路は、前記吐出流路軸を中心として円柱状を成し、

前記径方向流路軸と前記吐出流路軸とが捩じれの位置関係になるよう、前記吐出流路が前記蒸気戻し流路に接続され、

前記縦渦生成構造は、前記径方向流路と前記径方向流路に接続されている前記吐出流路とを有する、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 6】

50

請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、
前記蒸気戻し流路は、前記吸込口から延びている吸込側流路と、前記吐出口から延びている吐出側流路と、前記吸込側流路を前記吐出側流路に連通させるドレン溜り空間とを有し、

前記吐出側流路は、上下方向で前記ドレン溜り空間中の中間位置よりも上側の位置で、前記ドレン溜り空間と連通している、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記外側環は、前記ドレン溜り空間に連通し、前記ドレン溜り空間に溜まった蒸気ドレンを排出するドレン排出流路を備える、

蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の蒸気タービンのディフューザにおいて、

前記ドレン排出流路は、前記ドレン溜り空間から下方成分を有する方向に延びている、蒸気タービンのディフューザ。

【請求項 9】

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の蒸気タービンのディフューザと、

前記蒸気タービンロータと、

前記蒸気タービンロータの外周側に配置されている筒状の内側ケーシングと、

前記内側ケーシングの内周側に配置され、前記径方向外側の端が前記内側ケーシングに取り付けられている静翼列と、

を備える蒸気タービン。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ディフューザ、及びこれを備える蒸気タービンに関する。

【背景技術】

【0002】

蒸気タービンは、タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気を外部に導く排気ケーシングを備えている。この排気ケーシングは、ディフューザと、外側ケーシングと、を有する。ディフューザは、軸線に対して環状を成し、軸線下流側に向うに連れて次第に径方向外側に向かうディフューザ空間を形成する。ディフューザは、ディフューザ空間の径方向外側の縁を画定する外側環（又は、スチームガイド、フローガイド）と、ディフューザ空間の径方向内側の縁を画定する内側環（又はベアリングコーン）と、を有する。ディフューザ空間内には、タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気が流入する。このディフューザは、タービンロータの最終動翼列から高速で流出した蒸気の静圧を回復させる役目を担っている。

【0003】

前述したように、蒸気は、タービンロータの最終動翼列から高速で流出する。ディフューザ空間内で外側環の内周面に沿った領域で且つ最終動翼列に近い領域では、この内周面から蒸気の流れが剥離する剥離発生領域が形成され易い。ディフューザ空間内に剥離発生領域が形成されると、蒸気の静圧を回復させるために有効なディフューザの有効流路面積が小さくなる。このため、ディフューザ空間内に剥離発生領域が形成されると、ディフューザの静圧回復性能が低下する。そこで、以下の特許文献 1 に記載の蒸気タービンでは、外側ケーシング内等からの蒸気を外側環の軸方向上流側からディフューザ空間内に噴出させることで、外側環の入口側領域での蒸気の剥離を抑えている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特許第4342840号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ディフューザ空間内では、前述したように、最終動翼列から流出した蒸気の圧力回復が図られる。この圧力回復量が大きいほど、最終動翼列から流出した直後の蒸気の圧力が低くなり、タービン効率が向上する。このため、蒸気タービン分野では、上記特許文献1に記載の技術よりも、さらに、ディフューザ空間内に剥離発生領域が形成されることが抑えられ、ディフューザの静圧回復性能をより向上させることが望まれている。

【0006】

そこで、本発明は、ディフューザ空間内での剥離発生領域の形成を抑制し、ディフューザの静圧回復性能を向上させることができるディフューザ、及びこれを備える蒸気タービン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】

【0007】

前記目的を達成するための発明に係る一態様のディフューザは、

軸線を中心として回転する蒸気タービンロータの最終動翼列から流出した蒸気が流れる蒸気タービンのディフューザにおいて、前記軸線を基準にして環状を成し、前記軸線が延びる方向で且つ前記最終動翼列から遠ざかる側である軸線下流側に向うに連れて次第に前記軸線に対する径方向外側に向かう外側環と、前記軸線を基準にして環状を成し、前記外側環に対して径方向内側に離間し、前記軸線下流側に向うに連れて次第に前記径方向外側に向かい、前記外側環との間に前記最終動翼列からの蒸気が流れるディフューザ空間を形成する内側環と、を備える。前記外側環の径方向内側を向く内周面中で、前記最終動翼列の先端で最も前記軸線下流側の位置と、前記軸線が延びる軸線方向の位置が同じ部分が入口縁を成す。前記内周面中で、前記軸線下流側の端が出口縁を成す。前記内周面中で、前記出口縁から、前記前記軸線下流側の反対側である軸線上流側に広がり、前記入口縁を含まない領域が下流領域を成す。前記内周面中で、前記下流領域よりも前記軸線上流側に位置し、前記入口縁から前記軸線下流側に広がる領域が上流領域を成す。前記外側環は、剥離抑制構造を有する。前記剥離抑制構造は、前記内周面中の前記下流領域内で開口している吸込口と、前記内周面中の前記上流領域内で開口している吐出口と、前記吸込口と前記吐出口とを連通させる蒸気戻し流路と、を有する。

【0008】

最終動翼列からの蒸気は、高速でディフューザ空間内に流入する。特に、最終動翼列を構成する複数の動翼の先端と、動翼の径方向外側に位置する静止部材との間を通過したリーク蒸気は、ジェット状の流れを形成する。このジェット状の流れを形成するリーク蒸気は、最終動翼列を構成する複数の動翼相互間を通過した蒸気よりも、高速にディフューザ空間内に流入する。このため、ディフューザ空間内で、外側環の内周面内の上流領域に沿った領域であるリークジェット領域の静圧が低くなる。このリーク蒸気は、動翼に対して仕事をしない。このため、リーク蒸気の流量は少ないことが望ましい。

【0009】

下流領域内の内周面は、ディフューザ空間の入口から出口に向かう蒸気の流れの垂直な方向に、この主要流れから次第に遠ざかる面である。このため、ディフューザ空間内で、外側環の内周面内の下流領域に沿った領域では、蒸気の運動量が圧力に転換されて、上流側より下流側が高圧になる逆圧力勾配になることが多い。さらに、蒸気には慣性力が働くため、この領域は、原理的に外側環の内周面から蒸気が剥離し易い剥離発生領域になる。

【0010】

以上のように、ディフューザ空間内に剥離発生領域が形成されると、蒸気の静圧を回復させるために有効なディフューザの有効流路面積が小さくなる。このため、ディフューザ空間内に剥離発生領域が形成されると、ディフューザの静圧回復性能が低下する。

【0011】

本態様では、外側環の内周面内で下流領域には、吸込口が形成されている。また、本態様では、外側環の内周面内で上流領域には、吐出口が形成されている。ここで、前述したように、吐出口が形成されている上流領域に沿ったリークジェット領域の静圧は、吸込口が形成されている下流領域に沿った剥離発生領域の静圧よりも低い。しかも、本態様では、吸込口と吐出口とは、蒸気戻し流路により連通している。このため、本態様では、剥離発生領域内の蒸気は、吸込口から蒸気戻し流路内に吸い込まれ、この蒸気戻し流路内を流れて、吐出口からリークジェット領域内に吐出される。

【0012】

以上のように、本態様では、下流領域に沿った剥離発生領域内の蒸気が吸込口から蒸気戻し流路内に吸い込まれるため、剥離発生領域内での蒸気流れの剥離を抑えることができる。

10

【0013】

ここで、前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記吐出口は、前記蒸気戻し流路内から前記軸線下流側に向って開口していてもよい。

【0014】

本態様では、上流領域に沿ったリークジェット領域内に、蒸気戻し流路内の蒸気が吐出口から吐出されるため、リークジェット領域内の圧力が高まる。このため、本態様では、リークジェット領域内に至るリーク蒸気の流量を少なくすることができる。

【0015】

20

また、前記吐出口が前記軸線下流側に向って開口している前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記蒸気戻し流路は、前記軸線方向の方向成分を含む延在方向に延びて前記吐出口に至る吐出流路を有し、前記剥離抑制構造は、前記吐出流路内で前記延在方向に延びる吐出流路軸を中心として旋回する蒸気の渦を発生させる縦渦生成構造を有してもよい。

【0016】

本態様では、吐出流路内の蒸気が、縦渦生成構造により、吐出流路軸を中心として旋回しつつ、吐出口に向かう。よって、吐出口から吐出した蒸気は、吐出流路軸を中心として旋回しつつ、軸線下流側に向う。ところで、本態様で、ディフューザ空間内で、ディフューザの入口近傍の領域内の蒸気の流れは、軸線方向である。また、本態様で、吐出流路の中心軸である吐出流路軸が延びる方向が、軸線方向の方向成分を含む方向である。このため、本態様では、吐出口から吐出した蒸気の流れは、ディフューザの入口近傍の領域内の蒸気の流れに対する縦渦になる。

30

【0017】

航空機分野では、翼面からの空気の剥離を抑えるために、翼面に沿って縦渦を発生させる技術が開発されている。また、競泳水着においても、縦渦を発生させるための微細構造、いわゆるサメ肌構造が、剥離の抑制による抵抗低減を目的として利用されている。よって、本態様のように、外側環の内周面内における上流領域に沿って蒸気の縦渦を生成することにより、この内周面からの蒸気の剥離を抑えることができる。

【0018】

40

前記縦渦生成構造を有する前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記縦渦生成構造は、前記吐出流路の内周面から凹み且つ前記吐出流路軸を中心として螺旋状の延びる螺旋溝を有してもよい。

【0019】

また、前記縦渦生成構造を有する前記ディフューザにおいて、前記蒸気戻し流路は、前記軸線に対する径方向の方向成分を含む方向に延びる径方向流路軸を中心として円柱状の径方向流路を有し、前記吐出流路は、前記吐出流路軸を中心として円柱状を成し、前記径方向流路軸と前記吐出流路軸とが捩じれの位置関係になるよう、前記吐出流路が前記蒸気戻し流路に接続され、前記縦渦生成構造は、前記径方向流路と前記径方向流路に接続されている前記吐出流路とを有してもよい。

50

【0020】

また、以上のいずれかの前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記蒸気戻し流路は、前記吸込口から延びている吸込側流路と、前記吐出口から延びている吐出側流路と、前記吸込側流路を前記吐出側流路に連通させるドレン溜り空間とを有し、前記吐出側流路は、上下方向で前記ドレン溜り空間中の中間位置よりも上側の位置で、前記ドレン溜り空間と連通していてもよい。

【0021】

本態様では、ドレン溜り空間により、蒸気戻し流路内を流れる蒸気中から蒸気ドレンを回収することができる。このため、本態様では、吐出口からディフューザ空間内に吐出される蒸気中に含まれる水滴量を抑えることができる。

10

【0022】

前記ドレン溜り空間を有する前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記外側環は、前記ドレン溜り空間に連通し、前記ドレン溜り空間に溜まった蒸気ドレンを排出するドレン排出流路を備えてもよい。

【0023】

本態様では、ドレン溜り空間に溜まった蒸気ドレンを外部に排出することができる。

【0024】

前記ドレン排出流路を備える前記蒸気タービンのディフューザにおいて、前記ドレン排出流路は、前記ドレン溜り空間から下方成分を有する方向に延びていてもよい。

【0025】

前記目的を達成するための発明に係る一態様の蒸気タービンは、
以上のいずれかの前記ディフューザと、前記蒸気タービンロータと、前記蒸気タービンロータの外周側に配置されている筒状の内側ケーシングと、前記内側ケーシングの内周側に配置され、前記径方向外側の端が前記内側ケーシングに取り付けられている静翼列と、を備える。

20

【発明の効果】

【0026】

本発明の一態様に係るディフューザでは、ディフューザ空間内での剥離発生領域の形成を抑制することができる。よって、本発明の一形態に係るディフューザによれば、静圧回復性能を向上させることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明に係る第一実施形態における蒸気タービンの全体断面図である。

【図2】図1におけるII-II線断面図である。

【図3】本発明に係る第一実施形態におけるディフューザの断面図である。

【図4】本発明に係る第一実施形態における外側環周りの断面図である。

【図5】図4におけるV矢視図である。

【図6】参考例の外側環周りの断面図である。

【図7】本発明に係る第二実施形態における蒸気タービンの外側環周りの断面図である。

【図8】本発明に係る第三実施形態における蒸気タービンの外側環周りの断面図である。

40

【図9】第三実施形態における径方向流路及び吐出流路の模式的斜視図である。

【図10】本発明に係る第四実施形態における蒸気タービンの外側環周りの断面図である。

【図11】本発明に係る第四実施形態における蒸気タービンの軸線に垂直な面での断面図である。

【図12】本発明に係る第一実施形態の変形例における外側環周りの断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、本発明に係るディフューザを備える蒸気タービンの各種実施形態、さらに、排気ケーシングの各種変形例について、図面を参照して詳細に説明する。

50

【0029】

「第一実施形態」

本発明に係る蒸気タービンの第一実施形態について、図1～図6を参照して説明する。

【0030】

第一実施形態の蒸気タービンは、二分流排気型の蒸気タービンである。このため、図1に示すように、この蒸気タービンSTは、図1に示すように、第一蒸気タービン部10aと第二蒸気タービン部10bとを備える。第一蒸気タービン部10a及び第二蒸気タービン部10bは、いずれも、軸線Arを中心として回転するタービンロータ11と、タービンロータ11を覆うケーシング20と、ケーシング20に固定されている複数の静翼列17と、蒸気流入管19と、を備えている。なお、以下では、この軸線Arを中心とした周方向を単に周方向Dcとし、軸線Arに対して垂直な方向を径方向Drとする。さらに、この径方向Drで軸線Arの側を径方向内側Dri、その反対側を径方向外側Droとする。

10

【0031】

第一蒸気タービン部10aと第二蒸気タービン部10bとは、蒸気流入管19を共有する。第一蒸気タービン部10aで、この蒸気流入管19を除く部品は、この蒸気流入管19を基準にして軸線方向Daの一方側に配置されている。また、第二蒸気タービン部10bで、この蒸気流入管19を除く部品は、この蒸気流入管19を基準にして軸線方向Daの他方側に配置されている。なお、各蒸気タービン部10a、10bにおいて、前述した軸線方向Daで蒸気流入管19の側を軸線上流側Daup、その反対側を軸線下流側Dadとする。

20

【0032】

第一蒸気タービン部10aの構成と第二蒸気タービン部10bの構成とは、基本的に同一である。このため、以下では、第一蒸気タービン部10aについて主として説明する。

【0033】

タービンロータ11は、軸線Arを中心として軸線方向Daに延びるロータ軸12と、このロータ軸12に取り付けられている複数の動翼列13と、を有する。タービンロータ11は、軸線Arを中心として回転可能に軸受18で支持されている。複数の動翼列13は、軸線方向Daに並んでいる。各動翼列13は、図2に示すように、いずれも、周方向Dcに並んでいる複数の動翼14で構成される。第一蒸気タービン部10aのタービンロータ11と、第二蒸気タービン部10bのタービンロータ11は、同一の軸線Ar上に位置して互いに連結されて、軸線Arを中心として一体回転する。

30

【0034】

ケーシング20は、図1に示すように、内側ケーシング21と、排気ケーシング25とを有する。内側ケーシング21は、軸線Arを中心としてほぼ円錐状の空間を形成する。タービンロータ11の複数の動翼列13は、この円錐状の空間内に配置されている。複数の静翼列17は、軸線方向Daに並んで、この円錐状の空間内に配置されている。複数の静翼列17のそれぞれは、複数の動翼列13のうちいずれかの動翼列13の軸線上流側Daupに配置されている。複数の静翼列17は、内側ケーシング21に固定されている。

【0035】

排気ケーシング25は、ディフューザ26と、外側ケーシング90とを有する。ディフューザ26は、軸線Arに対して環状を成し、軸線下流側Dad（軸線方向Daで最終動翼列13aから遠ざかる側）に向うに連れて次第に径方向外側に向かうディフューザ空間26sを形成する。ディフューザ空間26s内には、タービンロータ11の最終動翼列13aから流出した蒸気が流入する。なお、最終動翼列13aとは、複数の動翼列13のうち、最も軸線下流側Dadに配置されている動翼列13である。ディフューザ26は、図3に示すように、ディフューザ空間26sの径方向内側Driの縁を画定する内側環27（又はベアリングコーン）28と、ディフューザ空間26sの径方向外側Droの縁を画定する外側環30と、を有する。内側環27は、軸線Arに対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側Dadに向うに連れて次第に径方向外側Droに向かって広がっている。

40

50

外側環 30 は、軸線 A r に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側 D a d に向うに連れて次第に径方向外側 D r o に向かって広がっている。内側環 27 も、軸線 A r に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側 D a d に向うに連れて次第に径方向外側 D r o に向かって広がっている。外側環 30 は、内側ケーシング 21 に接続されている。また、内側環 27 は、外側ケーシング 90 に接続されている。

【0036】

外側ケーシング 90 は、図 1 に示すように、排気口 91 を有する。この排気口 91 は、内部から径方向外側 D r o であって鉛直下方向に向かって開口している。この排気口 91 には、蒸気を水に戻す復水器 C o が接続されている。よって、本実施形態の蒸気タービン S T は、下方排気型の復水蒸気タービンである。この外側ケーシング 90 は、ディフューザ空間 26 s に連通した排気空間 90 s を形成する。この排気空間 90 s は、ディフューザ 26 の外周を周方向 D c に広がって、ディフューザ空間 26 s から流入した蒸気を排気口 91 に導く。外側ケーシング 90 は、下流側端板 92 と、上流側端板 94 と、側周板 96 と、を有する。

【0037】

下流側端板 92 は、内側環 27 の径方向外側 D r o の縁から径方向外側 D r o に広がって、排気空間 90 s の軸線下流側 D a d の縁を画定する。この下流側端板 92 は、実質的に軸線 A r に対して垂直である。下流側端板 92 で、軸線 A r より上側の部分は、ほぼ半円形を成している。一方、下流側端板 92 で、軸線 A r より下側部分は、ほぼ長方形をなしている。この下流側端板 92 の下縁は、排気口 91 の縁の一部を形成する。

【0038】

側周板 96 は、下流側端板 92 に接続され、軸線方向 D a に広がり且つ軸線 A r を中心として周方向 D c に広がって、排気空間 90 s の径方向外側 D r o の縁を画定する。この側周板 96 は、上側が半円筒を成すかまぼこ型 (semi-cylindrical shape) である。この側周板 96 の下縁は、排気口 91 の縁の一部を形成する。

【0039】

上流側端板 94 は、ディフューザ 26 よりも軸線上流側 D a u に配置されている。この上流側端板 94 は、内側ケーシング 21 から径方向外側 D r o に広がって、排気空間 90 s の軸線上流側 D a u の縁を画定する。この上流側端板 94 は、実質的に軸線 A r に対して垂直である。よって、この上流側端板 94 は、軸線方向 D a で間隔をあけて下流側端板 92 と対向している。上流側端板 94 の下縁は、排気口 91 の縁の一部を形成する。この上流側端板 94 の径方向外側 D r o の縁のうち、排気口 91 の縁を形成する部分を除く部分は、側周板 96 に接続されている。

【0040】

第一蒸気タービン部 10 a の外側ケーシング 90 と第二蒸気タービン部 10 b の外側ケーシング 90 とは、互いに接続されて一体化している。

【0041】

外側環 30 は、図 4 に示すように、外側環板 (又はフローガイド) 31 と、シールリング 33 と、蒸気戻し管 35 と、を有する。外側環板 31 は、軸線 A r に対する垂直な断面が環状を成し、軸線下流側 D a d に向うに連れて次第に径方向外側 D r o に向かって広がっている板である。シールリング 33 は、軸線 A r を中心として環状を成している。このシールリング 33 は、最終動翼列 13 a に径方向外側 D r o に配置され、この最終動翼列 13 a と径方向 D r で間隔をあけて対向している。シールリング 33 の軸線上流側 D a u の端は、最終動翼列 13 a を構成する動翼 14 の径方向外側 D r o の先端 14 t とこの動翼 14 の前縁 14 f との交点よりも軸線上流側 D a u に位置している。また、シールリング 33 の軸線下流側 D a d の端は、最終動翼列 13 a を構成する動翼 14 の先端 14 t とこの動翼 14 の後縁 14 b との交点よりも軸線下流側 D a d に位置している。シールリング 33 は、内側ケーシング 21 に接合されている。前述の外側環板 31 の上流側端はシールリング 33 の下流側端面 33 d に接合され、外側環板 31 の下流側端は内側ケーシング 21 の下流側端に接合されている。蒸気戻し管 35 は、外側環板 31 の外周側に配置され

ている。

【0042】

シールリング33の内周面33iと外側環板31の内周面31iとは、面一である。シールリング33の内周面33iと外側環板31の内周面31iとで、外側環30の内周面30iを構成する。この外側環30の内周面30iは、軸線下流側Dadに向うに連れて次第に径方向外側Droに向かって滑らかに曲がっている曲面である。外側環30の内周面30i中で、図4及び図5に示すように、最終動翼列13aを構成する動翼14の先端14t中で最も軸線下流側Dadの位置、つまりこの動翼14の先端14tとこの動翼14の後縁14bとの交点の位置と、軸線方向Daで同じ位置の部分が外側環30の入口縁38を成す。また、外側環30の内周面30i中で、最も軸線下流側Dadの端が外側環30の出口縁39を成す。外側環30の内周面30i中で、出口縁39から軸線上流側Dauiに広がり、入口縁38を含まない領域が下流領域Rdを成す。また、外側環30の内周面30i中で、下流領域Rdよりも軸線上流側Dauiに位置し、入口縁38から軸線下流側Dadに広がる領域が上流領域Ruを成す。下流領域Rdの上流側縁は、軸線方向Daで、入口縁38と出口縁39との中間位置よりも軸線下流側Dadに位置している。また、上流領域Ruの下流側縁は、軸線方向Daで、入口縁38と出口縁39との中間位置よりも軸線上流側Dauiに位置している。

【0043】

図3に示すように、内側環27の外周面27o中で、最も軸線上流側Dauiの端は、入口縁28を成す。また、内側環27の外周面27o中で、最も軸線下流側Dadの端は、出口縁29を成す。内側環27の入口縁28と外側環30の入口縁38との間は、ディフューザ26の入口26iを成す。内側環27の出口縁29と外側環30の出口縁39との間は、ディフューザ26の出口26oを成す。前述のディフューザ空間26sは、内側環27の外周面27oと外側環30の内周面30iとの間の空間で且つディフューザ26の入口26iからディフューザ26の出口26oまでの空間である。最終動翼列13aを通過した蒸気は、ディフューザ26の入口26iからディフューザ空間26s内に流入し、ディフューザ26の出口26oからディフューザ空間26s外に流出する。この蒸気は、ディフューザ空間26sから排気空間90sを経て、復水器Co内に導かれる。図3に示すように、内側環27の出口縁29と外側環30の出口縁39との間の最短距離である出口高さhoは、内側環27の入口縁28と外側環30の入口縁38との間の最短距離である入口高さhiより高い。よって、ディフューザ26の出口26oの開口面積は、ディフューザ26の入口26iの開口面積より大きい。ディフューザ空間26sの流路断面積は、入口26i側から出口26o側に向うに連れて次第におおきくなっている。

【0044】

外側環30は、図2に示すように、複数の剥離抑制構造40を有する。複数の剥離抑制構造40は、剥離抑制領域Rss内で、周方向Dcに間隔をあけて並んでいる。この剥離抑制領域Rssは、軸線Arよりも上方で且つ外側環30中の最上部を含む領域である。言い換えると、この剥離抑制領域Rssは、外側環30中で、軸線Arを基準にして復水器Coと反対側の領域である。

【0045】

各剥離抑制構造40は、図4及び図5に示すように、外側環30の内周面30i中の下流領域Rd内で開口している複数の吸込口41と、外側環30の内周面30i中の上流領域Ruで開口している複数の吐出口42と、吸込口41と吐出口42とを連通させる蒸気戻し流路43と、を有する。一つの剥離抑制構造40における複数の吸込口41は、周方向Dcで互いに異なる位置に配置されている。また、一つの剥離抑制構造40における複数の吐出口42は、周方向Dcで互いに異なる位置に配置されている。蒸気戻し流路43は、複数の吸込流路44と、合流流路45と、主戻し流路46と、分流流路47と、複数の径方向流路48と、複数の吐出流路49と、を有する。吸込流路44は、吸込口41から径方向外側Droに延びている。合流流路45は、周方向Dc成分を有する方向に延び、複数の吸込口41毎の吸込流路44が接続されている。主戻し流路46は、合流側流路

の周方向 D c の端から軸線下流側 D a d に延びている。分流流路 4 7 は、主戻し流路 4 6 の軸線下流側 D a d の端から周方向 D c に延びている。径方向流路 4 8 は、分流流路 4 7 から径方向内側 D r i に延びている。吐出流路 4 9 は、径方向流路 4 8 の径方向内側 D r i の端から軸線方向 D a の方向成分を含む延在方向に延びて吐出口 4 2 に至る。吐出流路 4 9 及び径方向流路 4 8 は、複数の吐出口 4 2 毎に設けられている。吸込流路 4 4 は、外側環板 3 1 の内周面 3 1 i から外周面 3 1 o へ貫通する貫通孔を有して構成されている。合流流路 4 5 と、主戻し流路 4 6 の軸線上流側 D a u 部分とは、蒸気戻し管 3 5 の管路で形成されている。主戻し流路 4 6 の軸線下流側 D a d の部分と、複数の径方向流路 4 8 と、複数の吐出流路 4 9 とは、シールリング 3 3 に形成されている。

【0046】

吸込口 4 1 は、径方向 D r 成分を有する方向に延びている吸込流路 4 4 内から径方向内側 D r i に向って開口している。また、吐出口 4 2 は、軸線方向 D a 成分を有する方向に延びている吐出流路 4 9 内から軸線下流側 D a d に向って開口している。

【0047】

次に、以上の説明した蒸気タービンの作用について説明する前に、参考例の蒸気タービンに生じる現象について説明する。

【0048】

参考例の蒸気タービンは、以上で説明した剥離抑制構造 4 0 を有していないことを除いて、本実施形態の蒸気タービン S T と同一構造である。

【0049】

図 6 に示すように、ディフューザ空間 2 6 s 内には、最終動翼列 1 3 a を通過した蒸気が流入する。より具体的には、最終動翼列 1 3 a を構成する複数の動翼 1 4 相互間を通過した蒸気、及び最終動翼列 1 3 a を構成する複数の動翼 1 4 の先端 1 4 t とシールリング 3 3 の内周面 3 3 i との間を通過した蒸気であるリーク蒸気 S r が、ディフューザ空間 2 6 s 内に流入する。ディフューザ空間 2 6 s の流路断面積は、前述したように、入口 2 6 i 側から出口 2 6 o 側に向うに連れて次第に大きくなっている。このため、ディフューザ 2 6 の入口 2 6 i からディフューザ空間 2 6 s 内に流入した蒸気の流速は、基本的に、ディフューザ 2 6 の出口 2 6 o に向かうに連れて、次第に低下する。一方、ディフューザ 2 6 の入口 2 6 i からディフューザ空間 2 6 s 内に流入した蒸気の静圧は、基本的に、ディフューザ 2 6 の出口 2 6 o に向かうに連れて、次第に高まる。ディフューザ 2 6 は、以上のように、蒸気の静圧を高める機能、言い換えると、蒸気の静圧を回復させる機能を担う。

【0050】

リークジェット領域 L 1 は、ディフューザ空間 2 6 s 内で外側環 3 0 x の内周面 3 0 i 内の上流領域 R u に沿った領域である。発明者は、ディフューザ空間 2 6 s 内の圧力分布をコンピュータでシミュレーションした結果、ディフューザ空間 2 6 s 内で軸線 A r よりも上方の最上部を含む領域の一部である前述のリークジェット領域 L 1 内の静圧は、ディフューザ空間 2 6 s 内で最も低い静圧であることが分かった。

【0051】

最終動翼列 1 3 a からの蒸気は、高速でディフューザ空間 2 6 s 内に流入する。特に、最終動翼列 1 3 a を構成する複数の動翼 1 4 の先端 1 4 t とシールリング 3 3 の内周面 3 0 i との間を通過したリーク蒸気 S r は、最終動翼列 1 3 a を構成する複数の動翼 1 4 相互間を通過した蒸気よりも、高速でディフューザ空間 2 6 s 内に流入する。このため、ディフューザ空間 2 6 s 内で、外側環 3 0 x の内周面 3 0 i 内の上流領域 R u に沿った領域であるリークジェット領域 L 1 の静圧が低くなると考えられる。また、リーク蒸気は、動翼に対してほとんど仕事をしない。このため、リーク蒸気の流量は少ないことが望ましい。

【0052】

内周面 3 0 i 内の下流領域 R d は、ディフューザ空間 2 6 s の入口 2 6 i から出口 2 6 o に向かう蒸気の主要流れ S m の垂直な方向に、この主要流れ S m から次第に遠ざかる面

10

20

30

40

50

である。このため、ディフューザ空間 26 s 内で、外側環 30 x の内周面 30 i 内の下流領域 R d に沿った領域 L 2 では、蒸気の運動量が圧力に転換されて、上流側より下流側が高圧になる逆圧力勾配になることが多い。さらに、蒸気には慣性力が働くため、この領域 L 2 は、原理的に外側環の内周面から蒸気が剥離し易い剥離発生領域になると考えられる。

【0053】

以上のように、ディフューザ空間 26 s 内に剥離発生領域 L 2 が形成されると、蒸気の静圧を回復させるために有効なディフューザ 26 の有効流路面積が小さくなる。このため、ディフューザ空間 26 s 内に剥離発生領域 L 2 が形成されると、ディフューザ 26 の静圧回復性能が低下する。

10

【0054】

図 2 に示すように、ディフューザ空間 26 s 内で最上部の領域内から流出する蒸気の流れは、上向きの流れである。この蒸気が排気空間 90 s 内に流入すると、この蒸気の流れは、復水器 C o が存在する側である下向きの流れに変わる。一方、ディフューザ空間 26 s 内で最下部の領域内から流出する蒸気の流れは、下向きの流れである。この蒸気が排気空間 90 s 内に流入しても、この蒸気の流れは、復水器 C o が存在する側である下向きの流れのままである。よって、ディフューザ空間 26 s 内で最上部の領域内から流出した蒸気は、排気空間 90 s 内で流れの向きを変えられることになる。また、ディフューザ空間 26 s 内で最上部の領域に隣接する排気空間 90 s 内の領域は、ディフューザ空間 26 s 内で最下部の領域に隣接する排気空間 90 s 内の領域よりも、復水器 C o から離れている。このため、ディフューザ空間 26 s 内で最上部の領域に隣接する排気空間 90 s 内の領域の圧力は、ディフューザ空間 26 s 内で最下部の領域に隣接する排気空間 90 s 内の領域の圧力よりも高い。

20

【0055】

よって、ディフューザ空間 26 s 内で最上部の領域では、ディフューザ空間 26 s 内で最下部の領域よりも、蒸気の流れがスムーズでない。このため、ディフューザ空間 26 s 内の最上部を含む領域では、前述したように、複数の低圧領域で蒸気の剥離が発生すると考えられる。

【0056】

次に、本実施形態の蒸気タービン S T の作用について説明する。

30

【0057】

本実施形態の蒸気タービン S T でも、参考例の蒸気タービンと同様、図 4 に示すように、ディフューザ空間 26 s 内には最終動翼列 13 a を通過した蒸気が流入する。本実施形態の外側環 30 の内周面 30 i 内で軸線 A r より上方の最上部近傍の下流領域 R d には、吸込口 41 が形成されている。また、本実施形態の外側環 30 の内周面 30 i 内で最上部近傍の上流領域 R u には、吐出口 42 が形成されている。ここで、前述したように、吐出口 42 が形成されている上流領域 R u に沿ったリークジェット領域 L 1 の静圧は、吸込口 41 が形成されている下流領域 R d に沿った剥離発生領域 L 2 の静圧よりも低い。しかも、本実施形態では、吸込口 41 と吐出口 42 とは、蒸気戻し流路 43 により連通している。このため、剥離発生領域 L 2 内の蒸気は、吸込口 41 から蒸気戻し流路 43 内に吸い込まれ、この蒸気戻し流路 43 内を流れて、吐出口 42 からリークジェット領域 L 1 内に吐出される。

40

【0058】

以上のように、本実施形態では、下流領域 R d に沿った剥離発生領域 L 2 内の蒸気が吸込口 41 から蒸気戻し流路 43 内に吸い込まれるため、剥離発生領域 L 2 内での蒸気流れの剥離を抑えることができる。また、本実施形態では、上流領域 R u に沿ったリークジェット領域 L 1 内に、蒸気戻し流路 43 内の蒸気が吐出口 42 から吐出されるため、リークジェット領域 L 1 内の圧力が高まる。しかも、この蒸気は、吐出口 42 から上流領域 R u に沿った軸線下流側 D a d に吐出される。このため、リークジェット領域 L 1 内に至るリーク蒸気流量も抑制することができる。なお、本実施形態のリークジェット領域 L 1 は、

50

参考例のリークジェット領域 L 1 よりも狭くなり、本実施形態の剥離発生領域 L 2 は、参考例の剥離発生領域 L 2 より狭くなる。

【0059】

以上のように、本実施形態では、ディフューザ空間 26 s 内におけるリークジェット領域 L 1 及び剥離発生領域 L 2 内での蒸気流れの剥離を抑えることができ、ディフューザ 26 の静圧回復性能を高めることができる。このように、本実施形態では、ディフューザ 26 の静圧回復性能が向上することで、蒸気タービンの出力も向上させることができる。しかも、本実施形態では、蒸気タービン S T の出力向上に寄与せず、本来、不要なリーク蒸気 S r の運動エネルギーを利用して、蒸気戻し流路 43 内の蒸気の流れを発生させている。このため、本実施形態では、動力源を別途追加せずに、ディフューザ 26 の静圧回復性能を高めることができる。

10

【0060】

また、本実施形態では、上流領域 R u に沿ったリークジェット領域 L 1 内に吐出口 42 から蒸気を吐出させることで、リーク蒸気 S r の流量を減らすことができる。この結果、本実施形態では、最終動翼列 13 a を構成する複数の動翼 14 相互間を通過する蒸気の流量がリーク蒸気 S r の流量に対して相対的に増加し、この観点からも、蒸気タービン S T の出力を向上させることができる。

【0061】

さらに、本実施形態では、外側環 30 の内周面 30 i に対する蒸気流れの剥離を抑えることができるため、この内周面 30 i の曲率半径を小さくすることができ、ディフューザ 26 の小型化を図ることができる。このように、本実施形態では、ディフューザ 26 の小型化を図ることができるため、外側ケーシング 90 の小型化を図ることができ、結果として、蒸気タービン S T の小型化を図ることができる。

20

【0062】

「第二実施形態」

本発明に係る蒸気タービンの第二実施形態について、図 7 を参照して説明する。

【0063】

本実施形態の蒸気タービンは、第一実施形態の剥離抑制構造 40 に縦渦生成構造 50 を追加したもので、その他の構成は、第一実施形態の蒸気タービンの構成と同一である。

【0064】

本実施形態の蒸気戻し流路 43 における吐出流路 49 は、第一実施形態と同様に、径方向流路 48 の径方向内側 D r i の端から軸線方向 D a の方向成分を含む延在方向に延びて吐出口 42 に至る。この吐出流路 49 は、この延在方向に延びる吐出流路軸 A p o を中心として円柱状を成している。本実施形態の剥離抑制構造 40 a における縦渦生成構造 50 は、吐出流路 49 の内周面から凹み且つ吐出流路軸 A p o を中心として螺旋状の延びる螺旋溝 51 を有する。

30

【0065】

本実施形態では、吐出流路 49 内の蒸気が、螺旋溝 51 により、吐出流路軸 A p o を中心として旋回しつつ、吐出口 42 に向かう。よって、吐出口 42 から吐出した蒸気は、吐出流路軸 A p o を中心として旋回しつつ、軸線下流側 D a d に向う。ところで、ディフューザ空間 26 s 内で、ディフューザ 26 の入口 26 i 近傍の領域内の蒸気の流れ S m は、ほぼ軸線方向 D a である。また、吐出流路 49 の中心軸である吐出流路軸 A p o は、実質的に軸線 A r と平行である。このため、吐出口 42 から吐出した蒸気の流れは、ディフューザ 26 の入口 26 i 近傍の領域内の主要な蒸気の流れに対する縦渦 52 になる。なお、縦渦 52 とは、主要な流れの方向に延びる渦軸を中心として旋回する渦である。また、この蒸気の縦渦 52 は、外側環 30 の内周面 30 i 内における上流領域 R u に沿った流れである。

40

【0066】

航空機分野では、翼面からの空気の剥離を抑えるために、翼面に沿って縦渦を発生させる技術が開発されている。よって、本実施形態のように、外側環 30 の内周面 30 i 内に

50

おける上流領域 R u に沿って蒸気の縦渦 5 2 を生成することにより、この内周面 3 0 i からの蒸気の剥離を第一実施形態よりも抑えることができる。

【0067】

「第三実施形態」

本発明に係る蒸気タービンの第三実施形態について、図 8 及び図 9 を参照して説明する。

【0068】

本実施形態の蒸気タービンは、第二実施形態の蒸気タービンにおける縦渦生成構造 5 0 と異なる縦渦生成構造 5 0 b を有するもので、その他の構成は、第二実施形態の蒸気タービンの構成と同一である。

【0069】

本実施形態の蒸気戻し流路 4 3 における径方向流路 4 8 b は、径方向 D r の方向成分を含む方向に延びる径方向流路軸 A p r を中心として円柱状を成している。また、本実施形態の蒸気戻し流路 4 3 における吐出流路 4 9 b は、軸線方向 D a の方向成分を含む方向の延びる吐出流路軸 A p o を中心として円柱状を成している。吐出流路 4 9 b は、径方向流路軸 A p r と吐出流路軸 A p o とが捩じれの位置関係になるよう、径方向流路 4 8 b に接続されている。より正確には、吐出流路 4 9 b の内周面中の母線 4 9 g が、径方向流路 4 8 の内周面の一部からこの径方向流路 4 8 の内周面の接線方向に延びるよう、吐出流路 4 9 が径方向流路 4 8 に接続されている。本実施形態の剥離抑制構造 4 0 b における縦渦生成構造 5 0 b は、径方向流路 4 8 b とこの径方向流路 4 8 b に接続されている吐出流路 4 9 b とを有する。

【0070】

径方向流路軸 A p r と吐出流路軸 A p o とが捩じれの位置関係にある場合、径方向流路 4 8 b から吐出流路 4 9 b に流れ込んだ蒸気は、吐出流路軸 A p o を中心として旋回しつつ、吐出口 4 2 に向かう。よって、本実施形態でも、吐出口 4 2 から吐出した蒸気は、第二実施形態と同様、吐出流路軸 A p o を中心として旋回しつつ、軸線下流側 D a d に向う。この吐出口 4 2 から吐出した蒸気の流れは、第二実施形態で説明したように、ディフューザ 2 6 の入口 2 6 i 近傍の領域内の蒸気の流れ S m に対する縦渦 5 2 である。

【0071】

よって、本実施形態でも、第二実施形態と同様に、外側環 3 0 の内周面 3 0 i 内における上流領域 R u に沿って蒸気の縦渦 5 2 が生成されるため、この内周面 3 0 i からの蒸気の剥離を第一実施形態よりも抑えることができる。

【0072】

「第四実施形態」

本発明に係る蒸気タービンの第四実施形態について、図 10 及び図 11 を参照して説明する。

【0073】

本実施形態の蒸気タービンは、第一実施形態の蒸気タービンの蒸気戻し流路 4 3 に、図 10 に示すドレン溜り空間 5 5 を追加し、さらに、外側環 3 0 に、図 11 に示すドレン排出流路 5 8 を追加したもので、その他の構成は、第一実施形態の蒸気タービンの構成と同一である。

【0074】

本実施形態のドレン溜り空間 5 5 は、図 10 に示すように、蒸気戻し流路 4 3 c の主戻し流路 4 6 c 中に配置されている。このため、主戻し流路 4 6 c は、このドレン溜り空間 5 5 により、上流側主戻し流路 4 6 c u と下流側主戻し流路 4 6 c d とに二分されている。上流側主戻し流路 4 6 c u は、シールリング 3 3 内に形成されている。また、下流側主戻し流路 4 6 c d は、外側環板 3 1 の外周側に配置されている蒸気戻し管 3 5 c の管路により形成されている。蒸気戻し流路 4 3 の吸込側流路 4 3 i は、下流側主戻し流路 4 6 c d と合流流路 4 5 と吸込流路 4 4 とで構成される。また、蒸気戻し流路 4 3 の吐出側流路 4 3 o は、上流側主戻し流路 4 6 c u と分流流路 4 7 と径方向流路 4 8 と吐出流路 4 9 と

で構成される。よって、本実施形態の蒸気戻し流路 43c は、吸込側流路 43i と、ドレン溜り空間 55 と、吐出側流路 43o とで構成されていることになる。ドレン溜り空間 55 は、シールリング 33 中で軸線下流側 Dad を向く下流側端面 33d と、外側環板 31 の外周面 31o と、シールリング 33 の下流側端面 33d と外側環板 31 の外周面 31o とを接続するドレン溜り外周板 56 と、で画定されている。ドレン溜り外周板 56 の軸線上流側 Dau の端は、シールリング 33 の下流側端面 33d 中で、外側環板 31 が接続されている位置よりも径方向外側 Dro の位置に接続されている。また、ドレン溜り外周板 56 の軸線下流側 Dad の端は、外側環板 31 の外周面 31o 中でシールリング 33 から軸線下流側 Dad に離れた位置に接続されている。下流側主戻し流路 46cd を形成する蒸気戻し管 35c は、このドレン溜り外周板 56 を貫通している。

10

【0075】

吐出側流路 43o 中の上流側主戻し流路 46cu は、ドレン溜り空間 55 で開口している。この上流側主戻し流路 46cu の開口位置は、上下方向でドレン溜り空間 55 中の中間位置よりも上側の位置である。すなわち、吐出側流路 43o は、上下方向でドレン溜り空間 55 中の中間位置よりも上側の位置でドレン溜り空間 55 と連通している。

【0076】

ドレン溜り空間 55 は、図 10 及び図 11 に示すように、外側環板 31 の径方向外側 Dro の位置で周方向 Dc に延びている。周方向 Dc に並んでいる複数の剥離抑制構造 40c の各上流側主戻し流路 46cu 及び各下流側主戻し流路 46cd は、いずれも、一のドレン溜り空間 55 と連通している。すなわち、本実施形態では、複数の剥離抑制構造 40c における各構成要素のうち、ドレン溜り空間 55 は、各剥離抑制構造 40c の共有要素である。

20

【0077】

ドレン排出流路 58 は、ドレン溜り空間 55 中で最も下方の位置に接続されている。このドレン排出流路 58 は、ドレン溜り空間 55 との接続位置から鉛直下方向の成分を含む方向に延びて、復水器 Co 等に連通している。

【0078】

本実施形態のように、蒸気タービンが復水蒸気タービンである場合、最終動翼列 13a から流出した蒸気は湿り蒸気になっている場合が多い。このため、外側環 30 の吸込口 41 から吸い込まれて外側環 30 の吐出口 42 から吐出される蒸気中に水滴が含まれる可能性が高い。仮に、外側環 30 の吐出口 42 から吐出される蒸気中に水滴が含まれる場合、水滴の一部が外側環 30 の内周面 30i に付着し、他の一部がディフューザ空間 26s 内で外側環 30 の内周面 30i に沿った領域で飛散することになる。このような水滴のふるまいは、ディフューザ空間 26s 内での蒸気の流速低下の妨げになる上に、外側環 30 の内周面 30i に対する蒸気の剥離現象を助長させる。そこで、本実施形態では、蒸気戻し流路 43 中にドレン溜り空間 55 を設け、水滴となる蒸気ドレンをこのドレン溜り空間 55 で回収できるようにしている。ドレン溜り空間 55 に溜まった蒸気ドレンは、ドレン排出流路 58 を介して、復水器 Co 等に排出される。一方、ドレン溜り空間 55 で蒸気ドレンが回収された蒸気は、蒸気戻し流路 43c 中の吐出側流路 43o 内を流れ、吐出口 42 からディフューザ空間 26s 内に吐出される。よって、本実施形態では、吐出口 42 からディフューザ空間 26s 内に吐出される蒸気中に含まれる水滴量を抑えることができる。

30

40

【0079】

なお、本実施形態は、第一実施形態の変形例であるが、第二実施形態や第三実施形態の蒸気タービンに、本実施形態のドレン溜り空間 55 及びドレン排出流路 58 を追加してもよい。

【0080】

「変形例」

以下、以上で説明した剥離抑制構造、及びこの構造を含む蒸気タービンの実施形態の変形例について説明する。

【0081】

50

以上の各実施形態における外側環は、いずれも、外側環板 3 1 と蒸気戻し管 3 5 とシールリング 3 3 とを有して構成している。しかしながら、図 1 2 に示す変形例のように、蒸気戻し管 3 5 を用いずに、外側環 3 0 d を外側環板 3 1 d とシールリング 3 3 とで構成してもよい。この場合、以上の各実施形態において、蒸気戻し管 3 5 の管路で形成していた合流流路 4 5 と主戻し流路 4 6 の軸線上流側 D a u 部分とを、外側環板 3 1 d 内に形成する。この場合、二枚の板を準備し、二枚の板の少なくとも一方に溝を形成した後、二枚の板を接合して、外側環板 3 1 d を製造するとよい。このように製造された外側環板 3 1 d では、溝により確保された空間が流路になる。

【0082】

以上の実施形態における剥離抑制構造は、いずれも、複数の吸込口 4 1 と複数の吐出口 4 2 を有する。しかしながら、剥離抑制構造を複数設ける場合、一の剥離抑制構造は、吸込口 4 1 及び吐出口 4 2 をそれぞれ一つのみ有していてもよい。

【0083】

以上の実施形態では、外側環中で、周方向 D c の一部の領域のみに剥離抑制構造を設けている。しかしながら、剥離抑制構造は、外側環中の周方向 D c の全域に渡って設けてもよい。

【0084】

また、以上の実施形態の蒸気タービンは、いずれも下方排気型であるが、側方排気型であってもよい。この場合、例えば、軸線 A r を基準にして左側に排気口が存在する場合、軸線 A r を基準にして右側の領域に剥離抑制構造を設けることが好ましい。すなわち、剥離抑制構造は、軸線 A r を基準にして、復水器 C o とは反対側に設けることが好ましい。

【0085】

以上の実施形態の蒸気タービンは、いずれも二分流排気型であるが、排気を分流しない蒸気タービンに、本発明を適用してもよい。

【符号の説明】

【0086】

10 a : 第一蒸気タービン部
 10 b : 第二蒸気タービン部
 11 : タービンロータ
 12 : ロータ軸
 13 : 動翼列
 13 a : 最終動翼列
 14 : 動翼
 14 t : 先端
 14 f : 前縁
 14 b : 後縁
 17 : 静翼列
 18 : 軸受
 19 : 蒸気流入管
 20 : ケーシング
 21 : 内側ケーシング
 25 : 排気ケーシング
 26 : ディフューザ
 26 s : ディフューザ空間
 26 i : 入口
 26 o : 出口
 27 : 内側環
 27 o : 内側環の外周面
 28 : 内側環の入口縁
 29 : 内側環の出口縁

10

20

30

40

50

3 0, 3 0 d : 外側環	
3 0 i : 外側環の内周面	
3 1, 3 1 d : 外側環板 (又はフローガイド)	
3 1 i : 外側環板の内周面	
3 1 o : 外側環板の外周面	
3 3 : シールリング	
3 3 i : シールリングの内周面	
3 3 d : シールリングの下流側端面	
3 5, 3 5 c : 蒸気戻し管	
3 8 : 外側環の入口縁	10
3 9 : 外側環の出口縁	
4 0, 4 0 a, 4 0 b, 4 0 c : 剥離抑制構造	
4 1 : 吸込口	
4 2 : 吐出口	
4 3, 4 3 c : 蒸気戻し流路	
4 3 i : 吸込側流路	
4 3 o : 吐出側流路	
4 4 : 吸込流路	
4 5 : 合流流路	
4 6, 4 6 c : 主戻し流路	20
4 6 c u : 上流側主戻し流路	
4 6 c d : 下流側主戻し流路	
4 7 : 分流流路	
4 8, 4 8 b : 径方向流路	
4 9, 4 9 b : 吐出流路	
4 9 g : 母線	
5 0, 5 0 b : 縦渦生成構造	
5 1 : 螺旋溝	
5 2 : 縦渦	
5 5 : ドレン溜り空間	30
5 6 : ドレン溜り外周板	
5 8 : ドレン排出流路	
9 0 : 外側ケーシング	
9 0 s : 排気空間	
9 1 : 排気口	
9 2 : 下流側端板	
9 4 : 上流側端板	
9 6 : 側周板	
C o : 復水器	
S T : 蒸気タービン	40
S r : リーク蒸気	
S m : 主要流れ	
L 1 : リークジェット領域	
L 2 : 剥離発生領域	
R u : 上流領域	
R d : 下流領域	
R s s : 剥離抑制領域	
h i : 入口高さ	
h o : 出口高さ	
A r : 軸線	50

A p o : 吐出流路軸
 A p r : 径方向流路軸
 D a : 軸線方向
 D a u : 軸線上流側
 D a d : 軸線下流側
 D c : 周方向
 D r : 径方向
 D r i : 径方向内側
 D r o : 径方向外側

【図 1】

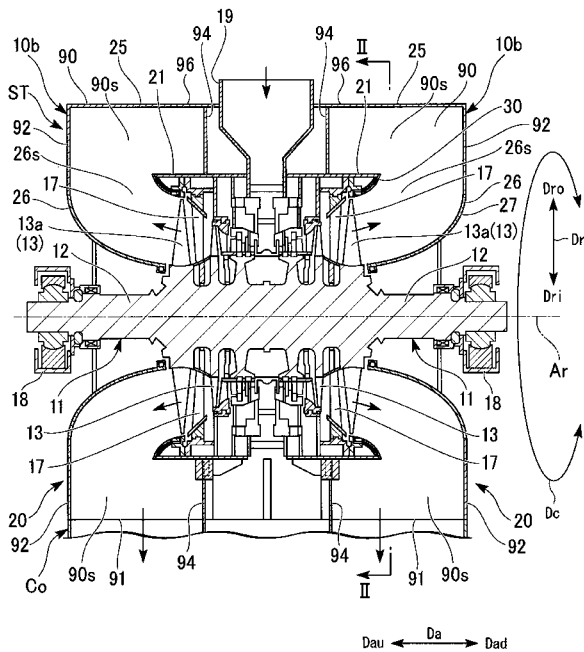


図 1

【図 2】

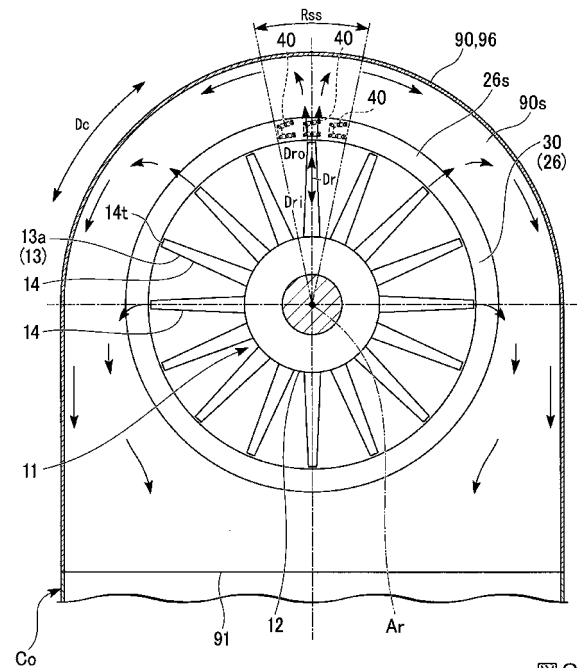


図 2

【図 3】

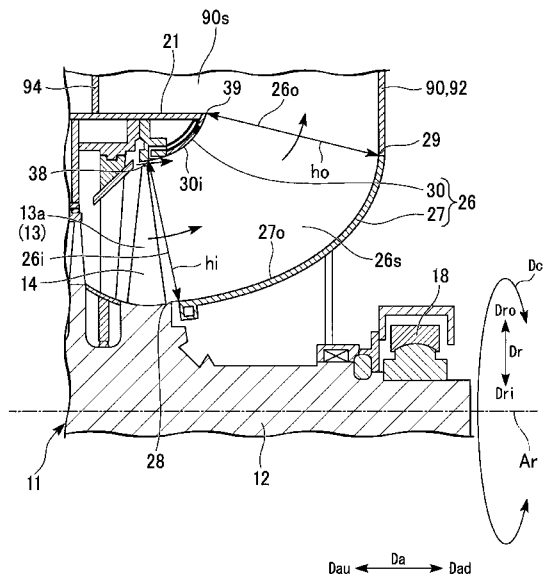


図 3

【図 4】

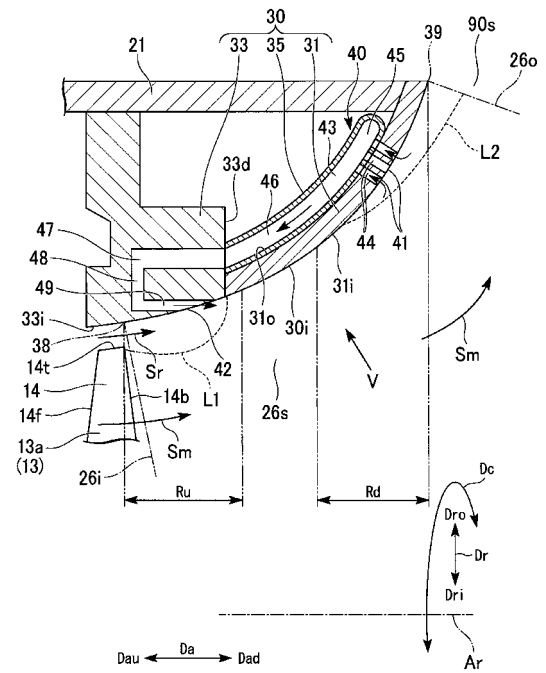


図 4

【図 5】

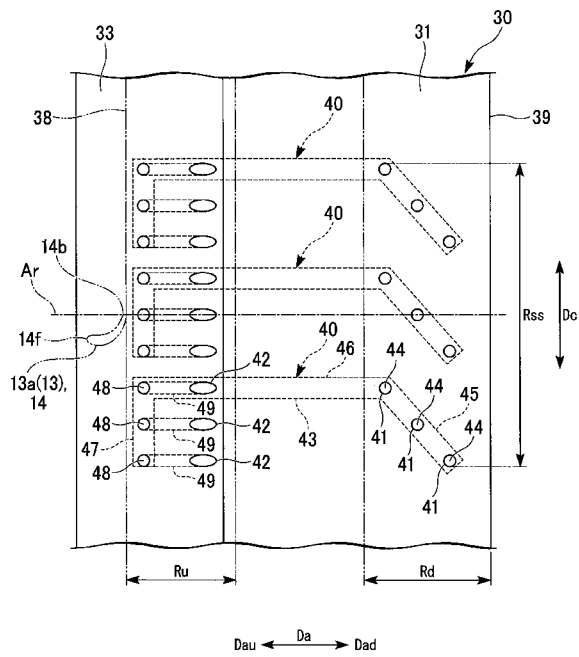


図 5

【図 6】

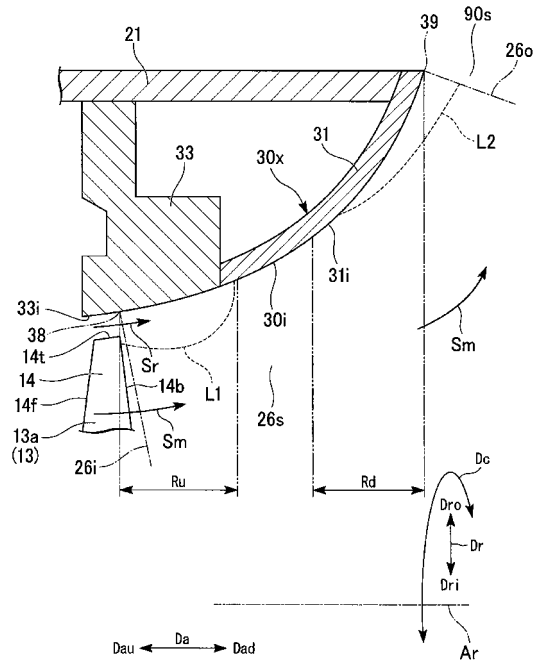


図 6

【図 7】

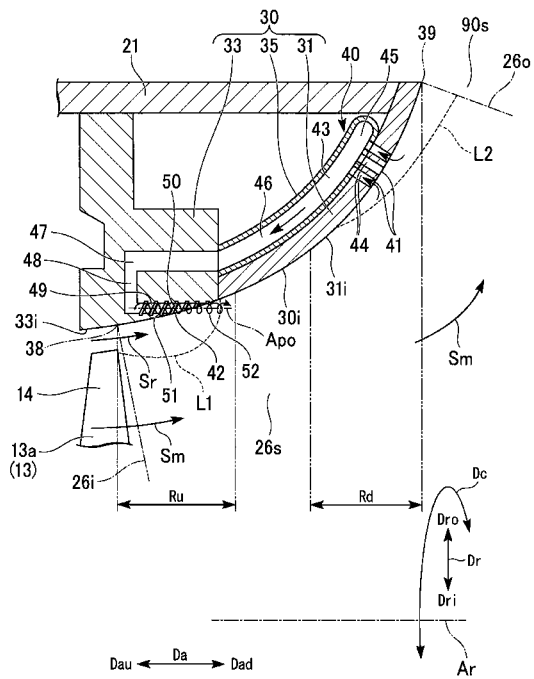


図 7

【図 8】

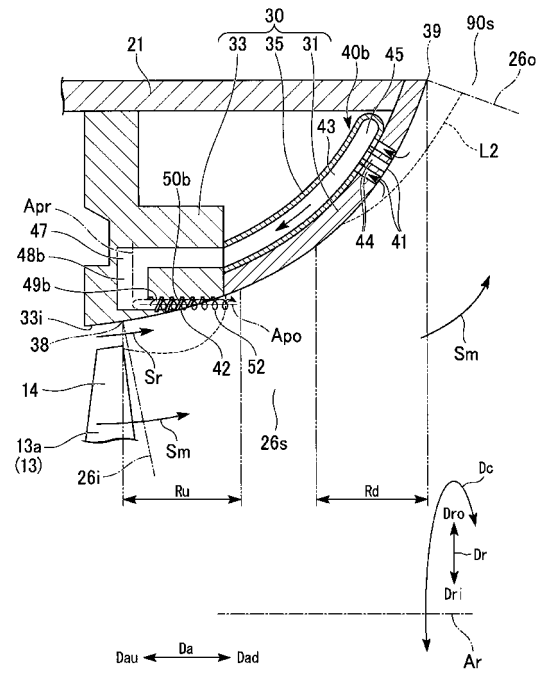


図 8

【図 9】

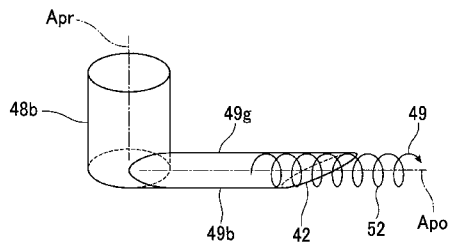


図 9

【図 10】

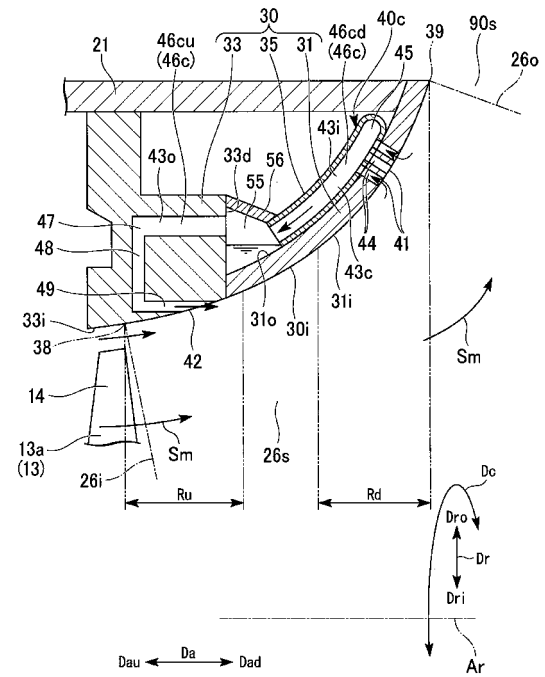


図 10

【图 12】



フロントページの続き

(74)代理人 100210572

弁理士 長谷川 太一

(72)発明者 笹尾 泰洋

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 前田 茂稔

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 ▲高▼橋 忠志

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 ▲高▼田 亮

東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内