

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7242597号
(P7242597)

(45)発行日 令和5年3月20日(2023.3.20)

(24)登録日 令和5年3月10日(2023.3.10)

(51)国際特許分類	F I	
F 0 1 D 25/00 (2006.01)	F 0 1 D 25/00	F
F 0 1 D 25/12 (2006.01)	F 0 1 D 25/00	M
F 0 2 C 7/18 (2006.01)	F 0 1 D 25/00	X
	F 0 1 D 25/12	E
	F 0 2 C 7/18	A
請求項の数 5 (全16頁)		

(21)出願番号	特願2020-43185(P2020-43185)	(73)特許権者	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7番地34
(22)出願日	令和2年3月12日(2020.3.12)	(74)代理人	110001092 弁理士法人サクラ国際特許事務所
(65)公開番号	特開2021-143635(P2021-143635 A)	(72)発明者	鶴田 和孝 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内
(43)公開日	令和3年9月24日(2021.9.24)	(72)発明者	鈴木 孝史 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内
審査請求日	令和4年3月14日(2022.3.14)	(72)発明者	前田 秀幸 神奈川県川崎市幸区堀川町7番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内
		(72)発明者	石川 裕太 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 タービンロータ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1のロータ構成部材の第1の端面と第2のロータ構成部材の第2の端面とを当接させて、前記第1のロータ構成部材と前記第2のロータ構成部材をボルト締結によって接合して構成されるタービンロータであって、

前記第1の端面に形成され、前記タービンロータの中心軸方向に凹む筒状凹部と、前記筒状凹部の底面から前記タービンロータの中心軸方向に穿孔され、冷却媒体を流す軸方向通路と、

前記軸方向通路に冷却媒体を導入する導入通路と、前記軸方向通路から前記タービンロータの外周面に貫通し、冷却媒体を排出する排出通路と、

前記筒状凹部に配置され、前記軸方向通路の一端を封鎖する封鎖部材とを具備することを特徴とするタービンロータ。

【請求項2】

前記第1の端面と前記第2の端面とが当接する当接部において、前記第1の端面が、前記第1の端面における外縁側において周方向に亘って形成され、前記タービンロータの中心軸方向に凹む環状溝部を備え、

前記第2の端面が、前記第2の端面における外縁側において周方向に亘って形成され、前記タービンロータ

の中心軸方向に突出し、前記環状溝部と嵌り合う環状突部を備えることを特徴とする請求項 1 記載のタービンロータ。

【請求項 3】

前記第 1 の端面と前記第 2 の端面とが当接する当接部において、

前記第 1 の端面における外縁側において周方向に亘って形成され、前記タービンロータの中心軸方向に突出する環状突部を備え、

前記第 2 の端面が、

前記第 2 の端面における外縁側において周方向に亘って形成され、前記タービンロータの中心軸方向に凹み、前記環状突部と嵌り合う環状溝部を備えることを特徴とする請求項 1 記載のタービンロータ。

10

【請求項 4】

前記封鎖部材は、前記第 1 のロータ構成部材にねじ締結されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項記載のタービンロータ。

【請求項 5】

前記筒状凹部が備えられた前記第 1 の端面と、前記筒状凹部に対向する前記第 2 の端面との間の空隙に形成される空間部と、

前記第 1 の端面と前記第 2 の端面とが当接する当接部に形成され、前記空間部と前記タービンロータの外部とを連通させる連通溝と

を具備することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項記載のタービンロータ。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、タービンロータに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発電プラントの高効率化を図るために、燃焼器で生成した燃焼ガスの一部を超臨界の作動流体として系統に循環させるガスタービン設備（以下、CO₂ガスタービン設備という。）が検討されている。燃焼器では、炭化水素系の燃料と酸素が燃焼する。

【0003】

ここで、CO₂ガスタービン設備の燃焼器では、燃料および酸素の流量は、例えば、量論混合比（当量比 1）になるように調整されている。そのため、系統には、燃焼ガスから水蒸気が除去された二酸化炭素（CO₂）が循環する。

30

【0004】

なお、ここでいう当量比は、燃料流量および酸素流量に基づいて算出した当量比である。換言すれば、燃料と酸素が均一に混合したと想定したときの当量比（オーバーオールでの当量比）である。

【0005】

循環される二酸化炭素は、圧縮機によって臨界圧力以上に昇圧され、燃焼器やタービンに供給される。タービンに供給される超臨界二酸化炭素は、例えば、冷却媒体として機能する。タービンは、導入された超臨界二酸化炭素（冷却媒体）によってタービンロータ、静翼および動翼を冷却する冷却機構を備えている。

40

【0006】

ここで、図 5 は、CO₂ガスタービン設備のタービン 300 の子午断面を示した図である。なお、図 5 において、タービン 300 の一部の構成は省略されている。

【0007】

図 5 に示すように、タービン 300 は、外部ケーシング 310 と、外部ケーシング 310 の内部に内部ケーシング 311 とを備える。また、内部ケーシング 311 および外部ケーシング 310 を貫通してタービンロータ 340 が設けられている。

【0008】

内部ケーシング 311 の内周には、外側シュラウド 320 が周方向に亘って設けられ、

50

この外側シュラウド 3 2 0 の内側には、内側シュラウド 3 2 1 が周方向に亘って設けられている。そして、外側シュラウド 3 2 0 と内側シュラウド 3 2 1 との間には、周方向に複数の静翼 3 2 2 が支持され、静翼翼列を構成している。

【 0 0 0 9 】

ここで、周方向とは、タービンロータの中心軸 O を中心とする周方向、すなわち、中心軸 O の軸周りである。内側シュラウド 3 2 1 の内側には、シール部 3 2 5 が構成されている。

【 0 0 1 0 】

ここで、タービンロータ 3 4 0 は、冷却機構として、後述する、タービンロータの中心軸に沿って形成された中央通路 3 7 0 を備える。このタービンロータ 3 4 0 においては、中央通路の状態を定期的に点検する必要がある。そのため、タービンロータとして、複数のロータ構成部材をタービンロータの中心軸方向（以下、軸方向という。）に接合したタービンロータが使用されている。

10

【 0 0 1 1 】

また、このような接合タービンロータを採用する場合、点検時に各ロータ構成部材を容易に分離できることが好ましい。そこで、各ロータ構成部材をボルト締結によって接合したタービンロータが採用される。

【 0 0 1 2 】

タービンロータ 3 4 0 は、図 5 に示すように、ロータ構成部材 3 4 0 A と、ロータ構成部材 3 4 0 B とを備える。ロータ構成部材 3 4 0 A は、ロータ構成部材 3 4 0 B よりも排気側に配置される。ここで、排気側とは、軸方向の排気室（図示しない）側であり、図 5 では軸方向右側である。なお、説明の便宜上、軸方向の排気室側を排気側といい、軸方向の、排気室側と逆側を圧縮機側という。

20

【 0 0 1 3 】

ロータ構成部材 3 4 0 A とロータ構成部材 3 4 0 B は、一端面 3 4 3 と、一端面 3 4 4 とを当接させ、ボルト 3 4 5 とナット 3 4 6 によってボルト締結されている。

【 0 0 1 4 】

ロータ構成部材 3 4 0 A は、周方向に亘って半径方向外側に突出するロータホイール 3 4 1 を備える。ロータホイール 3 4 1 は、軸方向に複数段設けられている。そして、各ロータホイール 3 4 1 には、周方向に複数の動翼 3 5 0 が植設され、動翼翼列を構成している。

30

【 0 0 1 5 】

静翼翼列と動翼翼列は、軸方向に交互に設けられている。そして、静翼翼列と、この静翼翼列の直下流の動翼翼列とでタービン段落を構成している。なお、下流とは、作動流体の主流の流れ方向に対する下流を意味する。

【 0 0 1 6 】

ロータ構成部材 3 4 0 A には、タービンロータ 3 4 0 を冷却媒体によって冷却するための冷却機構が備えられている。

【 0 0 1 7 】

冷却機構は、例えば、中央通路 3 7 0 と、導入通路 3 7 1 と、排出通路 3 7 2 とを備える。

40

【 0 0 1 8 】

中央通路 3 7 0 は、図 5 に示すように、タービンロータ 3 4 0 の中心軸 O を中心軸として軸方向に延びる円筒状の穴で構成される。中央通路 3 7 0 の一端 3 7 0 a は、ロータ構成部材 3 4 0 A の一端面 3 4 3 に位置している。すなわち、中央通路 3 7 0 は、ロータ構成部材 3 4 0 A の一端面 3 4 3 から排気側に向かって形成されている。

【 0 0 1 9 】

中央通路 3 7 0 の一端 3 7 0 a は、ロータ構成部材 3 4 0 B の一端面 3 4 4 によって封鎖されている。

【 0 0 2 0 】

50

冷却媒体を中央通路 370 に導く導入通路 371 は、半径方向に形成され、中央通路 370 の上流部に連通している。

【0021】

排出通路 372 は、半径方向に形成され、中央通路 370 に連通している。各タービン段落における内側シュラウド 321 とタービンロータ 340 との間の空間 363 に冷却媒体を排出できるように、軸方向に複数の排出通路 372 が設けられている。なお、半径方向は、中心軸 O を基点とする、中心軸 O に垂直な方向である。

【0022】

図 5 に示すように、燃焼器（図示しない）で生成された燃焼ガスを初段の静翼 322 に導くトランジションピース 360 は、外部ケーシング 310 および内部ケーシング 311 を貫通して設けられている。トランジションピース 360 の外周には、冷却媒体を内部ケーシング 311 内の空間 361 に供給する冷却媒体供給管 362 が設けられている。

10

【0023】

空間 361 よりも圧縮機側において、内部ケーシング 311 とタービンロータ 340 との間には、グランドシール部 380 を備える。また、グランドシール部 380 よりも圧縮機側において、外部ケーシング 310 とタービンロータ 340 との間には、グランドシール部 390 を備える。

【0024】

なお、ロータ構成部材 340 A とロータ構成部材 340 B との接合部は、グランドシール部 380 が設けられた軸方向位置にある。

20

【0025】

ここで、冷却媒体供給管 362 とトランジションピース 360 との間の環状通路から空間 361 に供給された冷却媒体は、導入通路 371 を通り中央通路 370 に導かれる。そして、中央通路 370 を流れる冷却媒体は、排出通路 372 を通り空間 363 に排出される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0026】

【文献】特開 2007 - 321630 号公報

【発明の概要】

30

【発明が解決しようとする課題】

【0027】

上記したタービン 300 において、空間 361 から中央通路 370 に導かれた冷却媒体の圧力は、例えば、30 MPa 程度の超高压である。一方、ロータ構成部材 340 A とロータ構成部材 340 B との接合部の周囲のグランドシール部 380 の圧力は、例えば、5 MPa 程度である。

【0028】

このように、中央通路 370 内の圧力とグランドシール部 380 内の圧力の差は大きい。そこで、中央通路 370 の一端 370 a からの冷却媒体の漏洩を防止するために、ロータ構成部材 340 A とロータ構成部材 340 B との接合部には、優れたシール性が要求される。

40

【0029】

すなわち、ロータ構成部材 340 A とロータ構成部材 340 B との接合部は、軸動力を伝達する機能とともに、ロータ構成部材 340 A とロータ構成部材 340 B との当接面からの超高压の冷却媒体の漏洩を防止する機能とを兼ね備える必要がある。そのため、ボルト締結構造は、過剰設計となる。

【0030】

また、ロータ構成部材 340 B の一端面 344 における、中央通路 370 の一端 370 a を封鎖する面は、冷却媒体の圧力を受ける。そのため、ロータ構成部材 340 B は、圧縮機側に向かって力を受ける。これによって、圧縮機側に向かう力がボルト 345 やナツ

50

ト 3 4 6 に負荷される。そのため、ボルト締結構造の損傷が懸念される。また、ボルト締結構造の損傷を防止するために、過剰な設計が必要となる。

【 0 0 3 1 】

本発明が解決しようとする課題は、ボルト締結構造を備え、締結部において冷却媒体の通路のシール機能を有するタービンロータにおいて、締結部における軸動力伝達機能とシール機能とをそれぞれ別個の構造体で分担することができるとともに、高い信頼性を有するボルト締結部を構成することができるタービンロータを提供するものである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 2 】

実施形態のタービンロータは、第 1 のロータ構成部材の第 1 の端面と第 2 のロータ構成部材の第 2 の端面とを当接させて、前記第 1 のロータ構成部材と前記第 2 のロータ構成部材をボルト締結によって接合して構成される。

10

【 0 0 3 3 】

このタービンロータは、前記第 1 の端面に形成され、前記タービンロータの中心軸方向に凹む筒状凹部と、前記筒状凹部の底面から前記タービンロータの中心軸方向に穿孔され、冷却媒体を流す軸方向通路と、前記軸方向通路に冷却媒体を導入する導入通路と、前記軸方向通路から前記タービンロータの外周面に貫通し、冷却媒体を排出する排出通路と、前記筒状凹部に配置され、前記軸方向通路の一端を封鎖する封鎖部材とを備える。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 4 】

【図 1】実施の形態のタービンロータを備える軸流タービンの子午断面を示した図である。

20

【図 2】実施の形態のタービンロータの接合部の子午断面を示した図である。

【図 3】図 2 の A - A 断面を示す図である。

【図 4】実施の形態のタービンロータの他の構成の接合部の子午断面を示した図である。

【図 5】CO₂ ガスタービン設備のタービンの子午断面を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 5 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

【 0 0 3 6 】

図 1 は、実施の形態のタービンロータ 10 を備える軸流タービン 1 の子午断面を示した図である。なお、図 1 には、ガスタービンのタービン構造を示している。

30

【 0 0 3 7 】

図 1 に示すように、軸流タービン 1 は、外部ケーシング 20 と、外部ケーシング 20 の内部に内部ケーシング 21 を備える。また、内部ケーシング 21 および外部ケーシング 20 を貫通してタービンロータ 10 が設けられている。

【 0 0 3 8 】

内部ケーシング 21 の内周には、外側シュラウド 30 が周方向に亘って設けられている。この外側シュラウド 30 の内側（半径方向内側）には、内側シュラウド 31 が周方向に亘って設けられている。そして、外側シュラウド 30 と内側シュラウド 31 との間には、周方向に複数の静翼 32 が支持され、静翼翼列を構成している。この静翼翼列は、軸方向（タービンロータ 10 の中心軸 O 方向）に複数段設けられている。

40

【 0 0 3 9 】

ここで、半径方向内側とは、半径方向における中心軸 O に近づく側（中心軸 O 側）である。

【 0 0 4 0 】

内側シュラウド 31 の内側には、例えば、内側シュラウド 31 に対向して周方向に亘って遮熱ピース 33 が設けられている。遮熱ピース 33 は、例えば、タービンロータ 10 に植設される。内側シュラウド 31 と遮熱ピース 33 との間には、シール部 34 が構成されている。

【 0 0 4 1 】

50

タービンロータ10は、ロータ構成部材40と、ロータ構成部材50とを備える。タービンロータ10は、ロータ構成部材40とロータ構成部材50とをボルト締結によって接合して構成される。タービンロータ10の両端は、軸受(図示しない)によって回転可能に支持されている。

【0042】

なお、ロータ構成部材40は、第1のロータ構成部材として機能し、ロータ構成部材50は、第2のロータ構成部材として機能する。

【0043】

ロータ構成部材40は、円柱状の部材で構成されている。ロータ構成部材40は、ロータホイール45と、冷却構造部60とを備える。

【0044】

ロータホイール45は、ロータ構成部材40の外周面から周方向に亘って半径方向外側に突出している。この環状の突出体で構成されるロータホイール45は、軸方向に複数段設けられている。ここで、半径方向外側とは、半径方向における中心軸Oから遠ざかる側である。

【0045】

各ロータホイール45の先端部には、周方向に複数の動翼80が植設され、動翼翼列を構成している。動翼80の外周は、例えば、シュラウドセグメント81で包囲されている。シュラウドセグメント81は、外側シュラウド30によって支持されている。

【0046】

なお、静翼翼列と動翼翼列は、軸方向に交互に設けられている。そして、静翼翼列と、この静翼翼列の直下流の動翼翼列とでタービン段落を構成している。

【0047】

冷却構造部60は、冷却媒体によってタービンロータ10を冷却する構造を備える。この構造については、後に詳しく説明する。

【0048】

ロータ構成部材50は、円柱状の部材で構成されている。ロータ構成部材50は、ロータ構成部材40よりも圧縮機側に配置されている。

【0049】

ここで、ロータ構成部材40とロータ構成部材50との接合部の構成であるボルト締結構造について説明する。図2は、実施の形態のタービンロータ10の接合部の子午断面を示した図である。図3は、図2のA-A断面を示す図である。

【0050】

図2および図3に示すように、ロータ構成部材40の端面(圧縮機側の端面)41における外縁側(半径方向外側)において、周方向に亘って軸方向に凹む環状溝部42を備える。すなわち、ロータ構成部材40の端面の外縁側は、周方向に亘って軸方向の排気側に凹んだ段部からなる環状溝部42を備えている。

【0051】

一方、ロータ構成部材50の端面(排気側の端面)51における外縁側(半径方向外側)において、周方向に亘って軸方向に突出する環状突部52を備える。すなわち、ロータ構成部材50の端面の外縁側は、周方向に亘って軸方向の排気側に突出する段部からなる環状突部52を備えている。

【0052】

また、環状突部52の端面の内縁側(半径方向内側)には、周方向に亘って軸方向の圧縮機側に凹んだ段部からなる環状凹部53が形成されている。

【0053】

そして、ロータ構成部材40とロータ構成部材50は、環状溝部42と環状突部52とを嵌め合わせて連結されている。環状溝部42と環状突部52とを嵌め合わせて連結することで、軸方向に垂直な方向の位置合わせを容易に行うことができる。

【0054】

10

20

30

40

50

環状溝部 4 2 と環状突部 5 2 とを嵌め合わせた際、環状溝部 4 2 の環状の底面である当接端面 4 3 と、環状突部 5 2 における環状凹部 5 3 よりも外縁側の当接端面 5 4 とが当接する。

【 0 0 5 5 】

当接端面 4 3 は、環状溝部 4 2 の環状の底面のうちの外縁側（半径方向外側）の環状の端面である。当接端面 5 4 は、環状突部 5 2 における環状凹部 5 3 よりも外縁側の環状の端面である。

【 0 0 5 6 】

なお、当接端面 4 3 は、第 1 の端面として機能し、当接端面 5 4 は、第 2 の端面として機能する。

【 0 0 5 7 】

ここで、図 2 に示すように、中心軸 O を中心とする中央部において、ロータ構成部材 4 0 の端面 4 1 とロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 との間には、軸方向に間隙を有する。これによって、ロータ構成部材 4 0 とロータ構成部材 5 0 との接合部の中央部には、間隙に形成される筒状空間 5 5 を有する。筒状空間 5 5 は、後述する筒状凹部 6 4 に対向して形成されている。なお、筒状空間 5 5 は、空間部として機能する。

【 0 0 5 8 】

ロータ構成部材 4 0 およびロータ構成部材 5 0 において、当接端面 4 3、5 4 を有する外縁側に、ボルト 9 0 を貫通させるボルト孔 4 4、5 6 が形成されている。ボルト 9 0 は、このボルト孔 4 4、5 6 を貫通してナット 9 1 に螺合されている。このボルト締結による接合部は、図 3 に示すように、周方向に均等に複数設けられている。

【 0 0 5 9 】

このように、軸流タービン 1 のタービンロータ 1 0 は、上記したボルト締結構造を有する。

【 0 0 6 0 】

また、軸流タービン 1 において、図 1 に示すように、タービンロータ 1 0 と内部ケーシング 2 1 との間、タービンロータ 1 0 と外部ケーシング 2 0 との間、タービンロータ 1 0 とパッキンヘッド 2 2 との間には、作動流体の外部への漏洩を抑制するグランドシール部 2 3、2 4、2 5 が備えられている。

【 0 0 6 1 】

ここで、ロータ構成部材 4 0 とロータ構成部材 5 0 との接合部は、グランドシール部 2 4 が位置する軸方向位置にある。

【 0 0 6 2 】

さらに、軸流タービン 1 には、外部ケーシング 2 0 および内部ケーシング 2 1 を貫通してトランジションピース 8 5 が備えられている。トランジションピース 8 5 の下流端は、初段の静翼 3 2 を支持する内側シュラウド 3 1 および外側シュラウド 3 0 の上流端に当接している。そして、トランジションピース 8 5 は、燃焼器（図示しない）で生成された燃焼ガスを初段の静翼 3 2 に導く。

【 0 0 6 3 】

トランジションピース 8 5 が外部ケーシング 2 0 および内部ケーシング 2 1 を貫通する貫通領域において、トランジションピース 8 5 の外周は、冷却媒体を導入する冷却媒体供給管 8 6 で覆われている。すなわち、貫通領域において、トランジションピース 8 5 と、その外周側に設けられた冷却媒体供給管 8 6 とからなる二重管構造を備える。

【 0 0 6 4 】

トランジションピース 8 5 と冷却媒体供給管 8 6 との間の環状の通路を流れる冷却媒体が外部ケーシング 2 0 と内部ケーシング 2 1 との間の空間 8 7 に流れ込まないように、冷却媒体供給管 8 6 の下流端は、内部ケーシング 2 1 に形成された貫通口 8 8 内まで延設されている。なお、貫通口 8 8 は、トランジションピース 8 5 および冷却媒体供給管 8 6 を内部ケーシング 2 1 内に貫通させるための開口である。

【 0 0 6 5 】

10

20

30

40

50

冷却媒体供給管 8 6 の出口は、トランジションピース 8 5 が挿入された内部ケーシング 2 1 内の空間 8 9 に連通している。すなわち、冷却媒体供給管 8 6 から導入された冷却媒体は、空間 8 9 に流入する。

【 0 0 6 6 】

ここで、空間 8 9 へ冷却媒体を供給する構成は、この構成に限られない。すなわち、冷却媒体供給管 8 6 は、トランジションピース 8 5 の周囲に備えられる構成に限られない。冷却媒体供給管 8 6 の構成は、例えば、外部ケーシング 2 0 および内部ケーシング 2 1 を貫通して空間 8 9 へ冷却媒体を供給できる構成であればよい。

【 0 0 6 7 】

次に、タービンロータ 1 0 の冷却構造部 6 0 について詳しく説明する。

10

【 0 0 6 8 】

図 1 に示すように、冷却構造部 6 0 は、導入通路 6 1 と、軸方向通路 6 2 と、排出通路 6 3 と、封鎖部材 6 5 とを備える。導入通路 6 1、軸方向通路 6 2 および排出通路 6 3 は連通している。

【 0 0 6 9 】

導入通路 6 1 は、軸方向通路 6 2 に冷却媒体を導入する。導入通路 6 1 は、例えば、ロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a から軸方向通路 6 2 に貫通する貫通孔で構成される。導入通路 6 1 は、例えば、半径方向に形成される。

【 0 0 7 0 】

なお、導入通路 6 1 は、半径方向に対して軸方向に傾斜を有するように形成されてもよい。また、導入通路 6 1 は、半径方向に対して周方向に傾斜を有するように形成されてもよい。

20

【 0 0 7 1 】

導入通路 6 1 の入口 6 1 a は、冷却媒体が導入される内部ケーシング 2 1 内の空間 8 9 に開口している。すなわち、空間 8 9 と軸方向通路 6 2 は、導入通路 6 1 を介して連通している。

【 0 0 7 2 】

なお、導入通路 6 1 は、例えば、軸方向や周方向に複数備えられてもよい。この場合、空間 8 9 に導入された冷却媒体は、複数の導入通路 6 1 を通り軸方向通路 6 2 に流れる。

【 0 0 7 3 】

軸方向通路 6 2 は、冷却媒体を軸方向に導く。軸方向通路 6 2 は、タービンロータ 1 0 の中心軸 O に沿って軸方向に形成されている。ここで、図 2 に示すように、中心軸 O を中心とする、ロータ構成部材 4 0 の端面 4 1 の中央に、軸方向の排気側に凹んだ筒状凹部 6 4 が形成されている。筒状凹部 6 4 は、中心軸 O を中心とする円筒状溝で構成されている。

30

【 0 0 7 4 】

軸方向通路 6 2 は、この筒状凹部 6 4 の底面 6 4 a から軸方向に穿孔された孔で構成されている。すなわち、軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a は、筒状凹部 6 4 の底面 6 4 a に開口している。

【 0 0 7 5 】

封鎖部材 6 5 は、図 2 および図 3 に示すように、筒状凹部 6 4 の形状に合わせて外形が形成された板状部材で構成される。ここで、封鎖部材 6 5 は、円形の板状部材で構成されている。封鎖部材 6 5 は、筒状凹部 6 4 内に配置される。封鎖部材 6 5 の厚さは、特に限定されるものではないが、例えば、封鎖部材 6 5 が筒状凹部 6 4 から圧縮機側（端面 5 1 側）に突出しない程度に設定される。

40

【 0 0 7 6 】

封鎖部材 6 5 の一端面 6 5 a（排気側の端面）は、筒状凹部 6 4 の底面 6 4 a に当接している。そして、封鎖部材 6 5 は、ロータ構成部材 4 0 の筒状凹部 6 4 にねじ締結されている。具体的には、封鎖部材 6 5 は、筒状凹部 6 4 の底面 6 4 a にねじ 6 6 によってねじ締結されている。図 3 に示すように、封鎖部材 6 5 は、周方向に等間隔で複数個所ねじ締結されている。

50

【 0 0 7 7 】

これによって、封鎖部材 6 5 は、軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a を封鎖する。換言すれば、封鎖部材 6 5 は、軸方向通路 6 2 と筒状空間 5 5 とを遮断している。そのため、軸方向通路 6 2 内に供給された冷却媒体は、筒状空間 5 5 側へ流出しない。

【 0 0 7 8 】

排出通路 6 3 は、軸方向通路 6 2 を流れる冷却媒体をロータ構成部材 4 0 内から外部に排出する。排出通路 6 3 は、図 1 に示すように、軸方向通路 6 2 からロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a に貫通する貫通孔で構成される。具体的には、図 1 に示すように、排出通路 6 3 は、軸方向通路 6 2 と、遮熱ピース 3 3 と外周面 4 0 a との間の空間 3 5 とを連通させる。

10

【 0 0 7 9 】

排出通路 6 3 は、各タービン段落に応じて軸方向に複数備えられている。換言すると、排出通路 6 3 は、初段のロータホイール 4 5 の上流側におけるロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a、および各ロータホイール 4 5 間におけるロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a に、出口 6 3 a を有する。

【 0 0 8 0 】

排出通路 6 3 は、例えば、半径方向に形成される。なお、排出通路 6 3 は、半径方向に対して軸方向に傾斜を有するように形成されてもよい。また、排出通路 6 3 は、半径方向に対して周方向に傾斜を有するように形成されてもよい。

【 0 0 8 1 】

ここで、冷却媒体としては、例えば、ガスタービンの作動流体の一部を温度調整して使用することができる。すなわち、ガスタービンの系統から抽気して所定の温度に調整した作動流体を冷却媒体として使用することができる。

20

【 0 0 8 2 】

例えば、超臨界 CO₂ タービンの場合、作動流体である超臨界二酸化炭素を冷却媒体として利用する。具体的には、系統から抽気された循環する超臨界二酸化炭素が軸流タービンに供給される。そして、軸流タービンに供給された超臨界二酸化炭素は、冷却媒体として軸方向通路 6 2 に導入される。

【 0 0 8 3 】

ここで、図 2 に示すように、環状突部 5 2 の端面の内縁側（半径方向内側）に形成された環状凹部 5 3 と当接端面 4 3 との間には環状の隙間 5 8 を有する。この隙間 5 8 は、筒状空間 5 5 に連通している。

30

【 0 0 8 4 】

そして、当接端面 4 3 と当接端面 5 4 との当接部に、隙間 5 8 とタービンロータ 1 0 の外部とを連通させる連通溝 1 0 0 を備えてもよい。これによって、筒状空間 5 5 は、隙間 5 8 および連通溝 1 0 0 を介してタービンロータ 1 0 の外部に連通する。

【 0 0 8 5 】

連通溝 1 0 0 は、例えば、半径方向に形成される。具体的には、連通溝 1 0 0 は、当接端面 4 3 または当接端面 5 4 に形成された、隙間 5 8 とタービンロータ 1 0 の外部とを連通させるスリットなどで構成される。

40

【 0 0 8 6 】

また、当接端面 4 3 および当接端面 5 4 の双方に、連通溝 1 0 0 を設けてもよい。なお、連通溝 1 0 0 は、当接部において周方向に少なくとも 1 つ備えられていればよい。

【 0 0 8 7 】

連通溝 1 0 0 を備えることで、例えば、封鎖部材 6 5 が損傷して筒状空間 5 5 内に軸方向通路 6 2 内の冷却媒体が流出したときでも、連通溝 1 0 0 を介して冷却媒体をタービンロータ 1 0 の外部に排出することができる。これによって、ロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 には、圧縮機側への力がかからないため、ボルト締結部の損傷を防止できる。

【 0 0 8 8 】

次に、軸流タービン 1 およびタービンロータ 1 0 の冷却構造部 6 0 の作用について、図

50

1を参照して説明する。

【0089】

まず、軸流タービン1の作用について説明する。

【0090】

燃焼器(図示しない)で生成された燃焼ガスは、トランジションピース85を通り軸流タービン1内に導入される。軸流タービン1内に導入された燃焼ガスは、初段の静翼32に導かれる。そして、燃焼ガスは、初段の静翼32から初段の動翼80に向けて噴出される。

【0091】

このようにして、燃焼ガスは、第2段以降の静翼32および動翼80を備える燃焼ガス流路110を流動し、膨張仕事をしながらタービンロータ10を回転させる。最終段の動翼80を通過した燃焼ガスは、排気室111を通り軸流タービン1から排出される。

10

【0092】

次に、タービンロータ10の冷却構造部60の作用について説明する。

【0093】

冷却媒体は、冷却媒体供給管86を通り、トランジションピース85が挿入された内部ケーシング21内の空間89に導かれる。この際、冷却媒体は、トランジションピース85と冷却媒体供給管86との間の環状の通路を通り空間89に導かれる。

【0094】

ここで、ロータ構成部材40の外周面40aは、空間89に導かれた冷却媒体によって冷却される。また、空間89に導入される冷却媒体の圧力は、トランジションピース85から噴出される燃焼ガスの圧力よりも高い。

20

【0095】

空間89に導かれた冷却媒体の一部は、入口61aから導入通路61に流入する。導入通路61に流入した冷却媒体は、導入通路61を通り軸方向通路62に流入する。軸方向通路62に導く冷却媒体の流量は、例えば、導入通路61の口径などによって調整される。

【0096】

軸方向通路62に導かれた冷却媒体は、軸方向通路62を軸方向の排気側に向かって流れる。この際、軸方向通路62の一端62aは、封鎖部材65によって封鎖されているため、冷却媒体は、軸方向通路62を一方の方向(排気側方向)に流れる。

30

【0097】

また、軸方向通路62一端62aは封鎖されているため、軸方向通路62内の冷却媒体の圧力が筒状空間55に及ぶこともない。

【0098】

軸方向通路62を軸方向の下流側に向かって流れる冷却媒体は、各タービン段落に対応して形成された各排出通路63に流れ込む。排出通路63に流れ込んだ冷却媒体は、排出通路63を通り出口63aから、各タービン段落における遮熱ピース33と外周面40aとの間の空間35に噴出される。

【0099】

なお、排出通路63から排出される冷却媒体の圧力は、空間35内の圧力よりも高い。ここで、ロータ構成部材40(タービンロータ10)は、導入通路61、軸方向通路62および排出通路63に冷却媒体を流すことによって、内部から冷却される。

40

【0100】

空間35に噴出された冷却媒体は、遮熱ピース33とロータホイール45との隙間および内側シュラウド31とロータホイール45との隙間から、燃焼ガス流路110に流入する。燃焼ガス流路110に流入した冷却媒体は、燃焼ガスとともに燃焼ガス流路110を流れ、排気室111に排出される。

【0101】

ここで、空間35に面するロータ構成部材40の外周面40a、ロータホイール45は、空間35に流入する冷却媒体、および燃焼ガス流路110に流出する冷却媒体によって

50

冷却される。

【 0 1 0 2 】

一方、空間 8 9 に導かれた冷却媒体の残部は、外側シュラウド 3 0 内、シール部 3 4、グランドシール部 2 3、2 4 に流れる。なお、例えば、冷却媒体は、外側シュラウド 3 0 内に導かれて静翼 3 2 の冷却に利用される。

【 0 1 0 3 】

上記した実施の形態のタービンロータ 1 0 によれば、ボルト締結の接合部において、開口する軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a を封鎖部材 6 5 によって封鎖することができる。これによって、軸動力を伝達する機能をボルト締結部が担い、軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a を封鎖する機能を封鎖部材 6 5 が担う。

10

【 0 1 0 4 】

このように、ロータ構成部材 4 0 とロータ構成部材 5 0 との接合部において、軸動力伝達機能と、軸方向通路 6 2 の封鎖機能とをそれぞれ別個の構造体で分担することができる。これによって、ロータ構成部材 4 0 およびロータ構成部材 5 0 の当接端面 4 3、5 4 は、超高圧の冷却媒体をシールするための機能を備えなくてよい。そのため、ボルト締結構造の過剰設計を回避し、ボルト締結部の構造を簡易な構造とすることができる。

【 0 1 0 5 】

また、軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a を封鎖部材 6 5 によって封鎖することで、軸方向通路 6 2 内の冷却媒体の圧力が筒状空間 5 5 に及ばず、ロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 には、圧縮機側への力がかからない。そのため、ボルト 9 0 やナット 9 1 に圧縮機側への力がかからない。これによって、ボルト締結構造の過剰設計を回避し、ボルト締結部の損傷を防止できる。

20

【 0 1 0 6 】

このように、実施の形態のタービンロータ 1 0 においては、高い信頼性を有するボルト締結部を構成することができる。

【 0 1 0 7 】

ここで、上記したタービンロータ 1 0 では、ロータ構成部材 4 0 の端面 4 1 の外縁側に環状溝部 4 2 を備え、ロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 の外縁側に環状突部 5 2 を備える一例を示した。ボルト締結部におけるロータ構成部材 4 0 の端面 4 1 とロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 との嵌め合い構造は、この構成に限られない。

30

【 0 1 0 8 】

図 4 は、実施の形態のタービンロータ 1 0 の他の構成の接合部の子午断面を示した図である。

【 0 1 0 9 】

図 4 に示すように、ロータ構成部材 4 0 の端面 4 1 の外縁側に周方向に亘って軸方向に突出する環状突部 1 2 0 を備え、ロータ構成部材 5 0 の端面 5 1 の外縁側に周方向に亘って軸方向に凹んだ環状溝部 1 3 0 を備えてもよい。

【 0 1 1 0 】

具体的には、ロータ構成部材 4 0 の端面（圧縮機側の端面）4 1 における外縁側（半径方向外側）において、周方向に亘って軸方向に突出する環状突部 1 2 0 を備える。すなわち、ロータ構成部材 4 0 の端面の外縁側は、周方向に亘って軸方向の圧縮機側に突出する段部からなる環状突部 1 2 0 を備えている。

40

【 0 1 1 1 】

一方、ロータ構成部材 5 0 の端面（排気側の端面）5 1 における外縁側（半径方向外側）において、周方向に亘って軸方向に凹んだ環状溝部 1 3 0 を備える。すなわち、ロータ構成部材 5 0 の端面の外縁側は、周方向に亘って軸方向の圧縮機側に凹んだ段部からなる環状溝部 1 3 0 を備えている。

【 0 1 1 2 】

また、環状突部 1 2 0 の端面の内縁側（半径方向外側）には、周方向に亘って軸方向の排気側に凹んだ段部からなる環状凹部 1 2 1 が形成されている。

50

【 0 1 1 3 】

そして、ロータ構成部材 4 0 とロータ構成部材 5 0 は、環状溝部 1 3 0 と環状突部 1 2 0 とを嵌め合わせて連結されている。環状溝部 1 3 0 と環状突部 1 2 0 とを嵌め合わせて連結することで、軸方向に垂直な方向の位置合わせを容易に行うことができる。

【 0 1 1 4 】

環状溝部 1 3 0 と環状突部 1 2 0 とを嵌め合わせた際、環状溝部 1 3 0 の環状の底面である当接端面 1 3 1 と、環状突部 1 2 0 における環状凹部 1 2 1 よりも外縁側の当接端面 1 2 2 とが当接する。

【 0 1 1 5 】

当接端面 1 3 1 は、環状溝部 1 3 0 の環状の底面のうちの外縁側（半径方向外側）の環状の端面である。当接端面 1 2 2 は、環状突部 1 2 0 における環状凹部 1 2 1 よりも外縁側の環状の端面である。

10

【 0 1 1 6 】

なお、当接端面 1 2 2 は、第 1 の端面として機能し、当接端面 1 3 1 は、第 2 の端面として機能する。

【 0 1 1 7 】

ここで、図 2 に示した構成と同様に、ロータ構成部材 4 0 とロータ構成部材 5 0 との接合部の中央部には、隙間に形成される筒状空間 5 5 を有する。また、図 4 に示すように、環状突部 1 2 0 の端面の内縁側（半径方向内側）に形成された環状凹部 1 2 1 と当接端面 1 2 2 との間には環状の隙間 1 4 0 を有する。この隙間 1 4 0 は、筒状空間 5 5 に連通している。

20

【 0 1 1 8 】

この構成においても、当接端面 1 2 2 と当接端面 1 3 1 との当接部に、隙間 1 4 0 とタービンロータ 1 0 の外部とを連通させる連通溝 1 0 0 を備えてもよい。これによって、筒状空間 5 5 は、隙間 1 4 0 および連通溝 1 0 0 を介してタービンロータ 1 0 の外部に連通する。なお、連通溝 1 0 0 を備えることの作用効果は、前述したとおりである。

【 0 1 1 9 】

また、上記した軸流タービン 1 では、内側シュラウド 3 1 の内側に遮熱ピース 3 3 を備える一例を示したが、この構成に限られない。例えば、内側シュラウド 3 1 の内側に遮熱ピース 3 3 を備えなくてもよい。この場合、シール部は、内側シュラウド 3 1 とロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a との間に備えられる。

30

【 0 1 2 0 】

また、上記した実施の形態では、冷却構造部 6 0 の軸方向通路 6 2 が、タービンロータ 1 0 の中心軸 O に沿って軸方向に形成されている一例を示したが、この構成に限られない。

【 0 1 2 1 】

軸方向通路 6 2 は、例えば、ロータ構成部材 4 0 の、タービンロータ 1 0 の中心軸 O よりも半径方向外側かつロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a よりも半径方向内側に、軸方向に形成されてもよい。すなわち、軸方向通路 6 2 は、中心軸 O とロータ構成部材 4 0 の外周面 4 0 a との間に形成されてもよい。

【 0 1 2 2 】

この場合においても、ボルト締結の接合部において、開口する軸方向通路 6 2 の一端 6 2 a は封鎖部材 6 5 によって封鎖される。そして、この場合においても、軸方向通路 6 2 をタービンロータ 1 0 の中心軸 O に沿って形成された場合のボルト締結構造における作用効果と同様の作用効果が得られる。

40

【 0 1 2 3 】

以上説明した実施形態によれば、ボルト締結構造を備え、締結部において冷却媒体の通路のシール機能を有するタービンロータにおいて、締結部における軸動力伝達機能とシール機能とをそれぞれ別個の構造体で分担することができるとともに、高い信頼性を有するボルト締結部を構成することが可能となる。

【 0 1 2 4 】

50

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

1 ... 軸流タービン、10 ... タービンロータ、20 ... 外部ケーシング、21 ... 内部ケーシング、22 ... パッキンヘッド、23、24、25 ... グランドシール部、30 ... 外側シュラウド、31 ... 内側シュラウド、32 ... 静翼、33 ... 遮熱ピース、34 ... シール部、35、87、89 ... 空間、40、50 ... ロータ構成部材、40a ... 外周面、41、51 ... 端面、42、130 ... 環状溝部、43、54、122、131 ... 当接端面、44、56 ... ボルト孔、45 ... ロータホイール、52、120 ... 環状突部、53、121 ... 環状凹部、55 ... 筒状空間、58、140 ... 隙間、60 ... 冷却構造部、61 ... 導入通路、61a ... 入口、62 ... 軸方向通路、62a ... 一端、63 ... 排出通路、63a ... 出口、64 ... 筒状凹部、64a ... 底面、65 ... 封鎖部材、65a ... 一端面、66 ... ねじ、80 ... 動翼、81 ... シュラウドセグメント、85 ... トランジションピース、86 ... 冷却媒体供給管、88 ... 貫通口、90 ... ボルト、91 ... ナット、100 ... 連通溝、110 ... 燃焼ガス流路、111 ... 排気室。

10

20

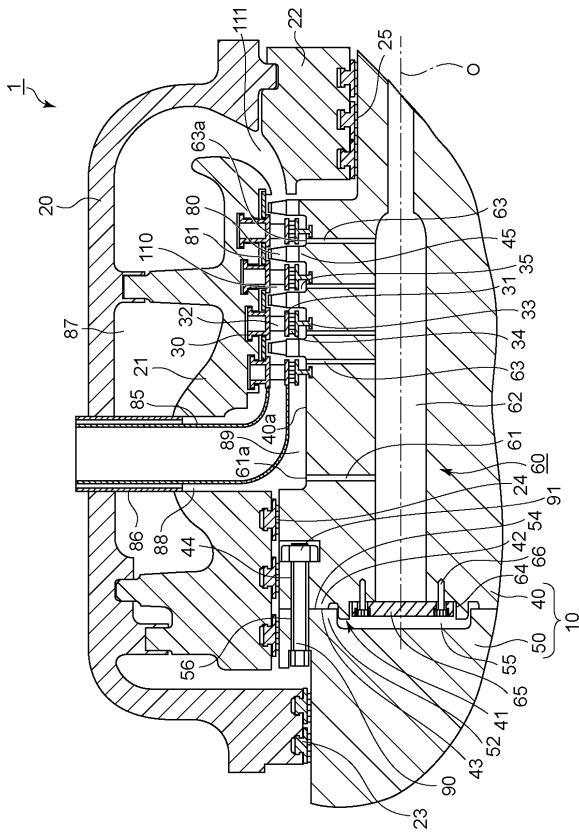
30

40

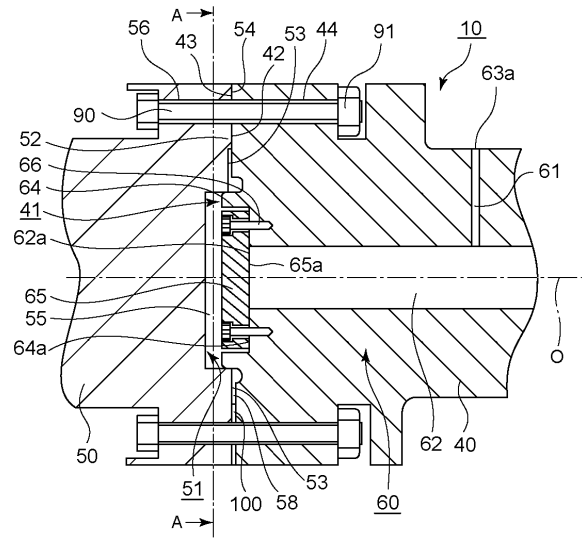
50

【図面】

【図 1】



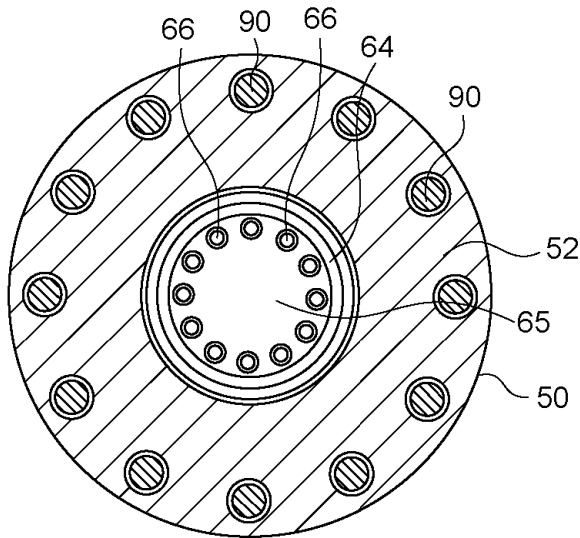
【図 2】



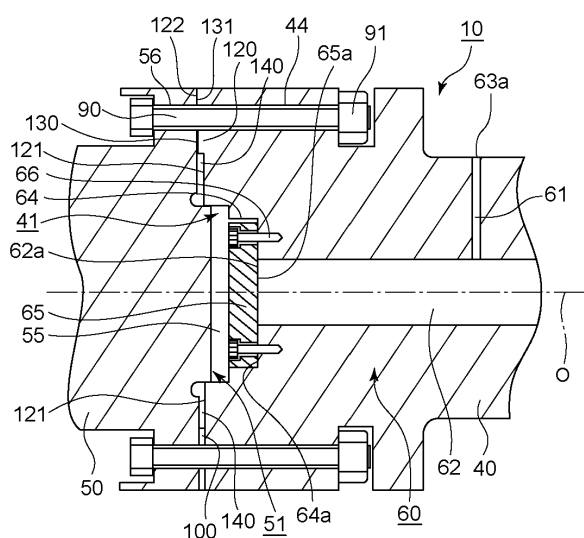
10

20

【図 3】



【図 4】

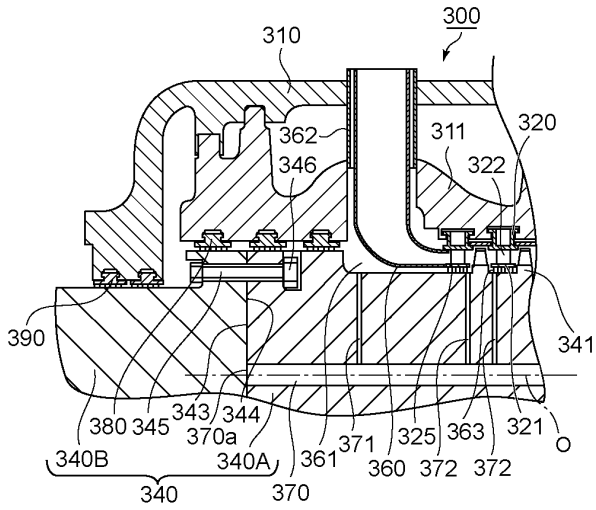


30

40

50

【 図 5 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内
(72)発明者 伊東 正雄
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地34 東芝エネルギーシステムズ株式会社内
審査官 北村 一
- (56)参考文献 特開昭58-005401(JP,A)
特開平10-103004(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
F01D 1/00-11/24
F01D 13/00-15/12; 23/00-25/36
F02C 1/00-9/58
F23R 3/00-7/00