

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6776092号
(P6776092)

(45) 発行日 令和2年10月28日(2020.10.28)

(24) 登録日 令和2年10月9日(2020.10.9)

(51) Int.Cl.	F I
FO1D 25/10 (2006.01)	FO1D 25/10 B
FO1D 25/12 (2006.01)	FO1D 25/12 B

請求項の数 11 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2016-207163 (P2016-207163)	(73) 特許権者	000006208
(22) 出願日	平成28年10月21日(2016.10.21)		三菱重工工業株式会社
(65) 公開番号	特開2018-66362 (P2018-66362A)		東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(43) 公開日	平成30年4月26日(2018.4.26)	(74) 代理人	100149548
審査請求日	令和1年7月12日(2019.7.12)		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
		(74) 代理人	100210572
			弁理士 長谷川 太一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 蒸気タービン及び温度制御方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

外周面に複数の動翼が設けられて、軸線回りに回転するロータと、
 前記軸線を中心とする径方向の外側から前記ロータを覆い、前記ロータの外周面との間に蒸気が流通する第一蒸気流路を形成している内側ケーシングと、
 前記内側ケーシングの内周面に複数設けられ、前記複数の動翼とともに前記第一蒸気流路内に配置されている静翼と、
 一般部及び、前記一般部よりも熱容量の大きい大熱容量部を有し、前記内側ケーシングを前記径方向の外側から覆い、前記第一蒸気流路と連通して前記蒸気を流通する第二蒸気流路を前記内側ケーシングの外周面との間に形成している外側ケーシングと、
 熱媒体を流すことが可能な熱媒通路を内部に有し、前記一般部を冷却又は加熱可能な冷却加熱部と、
 前記熱媒通路へ熱媒体を供給可能な熱媒体供給部と、
 前記大熱容量部の温度を測定する第一測定部と、
 前記一般部の温度を測定する第二測定部と、
 前記第一測定部により測定された前記大熱容量部の温度と前記第二測定部により測定された前記一般部の温度との温度差に基づいて、前記温度差が予め設定された閾値以下となるように前記熱媒体供給部を制御する温度制御部と、
 を備え、
 前記大熱容量部を冷却又は加熱可能な熱媒体を流すことが可能であり前記大熱容量部の

10

20

内部に形成された大熱容量部用熱媒体通路を有した大熱容量部冷却加熱部と、
前記大熱容量部の外周面に沿うように設けられた他の大熱容量部用熱媒体通路を有した
他の大熱容量部冷却加熱部と、を備える

蒸気タービン。

【請求項 2】

前記外側ケーシングは、
 前記内側ケーシングの下半分を覆う下半部と、
 前記内側ケーシングの上半分を覆う上半部と、を備え、
 前記大熱容量部は、
 前記下半部の開口縁から外側に突出する下半フランジ部と、
 前記上半部の開口縁から外側に突出し、前記下半フランジ部に固定可能な上半フランジ部と、
 からなる請求項 1 に記載の蒸気タービン。

10

【請求項 3】

前記冷却加熱部は、
 前記熱媒通路として前記軸線に沿って延びる第一熱媒通路を備える請求項 1 又は 2 に記載の蒸気タービン。

【請求項 4】

前記冷却加熱部は、
 前記外側ケーシングの周方向に間隔を空けて複数の前記第一熱媒通路を備える請求項 3 に記載の蒸気タービン。

20

【請求項 5】

前記冷却加熱部は、
 前記熱媒通路として前記外側ケーシングの周方向に延びる第二熱媒通路を備える請求項 1 又は 2 に記載の蒸気タービン。

【請求項 6】

前記冷却加熱部は、
 軸線方向に間隔を空けて複数の前記第二熱媒通路を備える請求項 5 に記載の蒸気タービン。

【請求項 7】

前記一般部の内部に前記冷却加熱部を備える請求項 3 から 6 の何れか一項に記載の蒸気タービン。

30

【請求項 8】

前記一般部と前記大熱容量部との少なくとも一方を加熱する加熱部、又は前記一般部と前記大熱容量部との少なくとも一方を冷却する冷却部を備える請求項 1 から 7 の何れか一項に記載の蒸気タービン。

【請求項 9】

前記外側ケーシングの周方向で前記一般部に挟まれるように配置され、前記一般部よりも熱容量の大きい熱容量拡大部を備える請求項 1 から 8 の何れか一項に記載の蒸気タービン。

【請求項 10】

請求項 1 から 9 の何れか一項に記載の蒸気タービンの温度制御方法であって、
 前記一般部の温度を測定する工程と、
 前記大熱容量部の温度を測定する工程と、
 前記一般部の温度と前記大熱容量部の温度との温度差が、予め設定された閾値以下となるように前記一般部を冷却又は加熱する工程と、
 を含む温度制御方法。

40

【請求項 11】

前記一般部の温度と前記大熱容量部の温度との温度差が、予め設定された閾値以下となるように、前記一般部を加熱すると共に前記大熱容量部を冷却する工程を含む請求項 10 に記載の温度制御方法。

50

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、蒸気タービン及び温度制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

蒸気タービンは、軸線を中心として回転するロータと、このロータを覆うケーシングとを備えている。ロータは、軸線を中心として軸方向に延びるロータ軸の周りに複数配置された動翼を有する。ケーシングには、動翼の上流側でロータ周りに複数配置された静翼が設けられている。

10

【0003】

例えば、特許文献1には、静翼が取り付けられる内側ケーシングと、内側ケーシングを外側から覆う外側ケーシングとを有する蒸気タービンが記載されている。この蒸気タービンでは、外側ケーシングと内側ケーシングとの間に、内側ケーシングとロータとの間の作動蒸気流路を流れた作動蒸気を流通させる流路が形成されている。これにより、外側ケーシング及び内側ケーシングが、流路を流れる作動蒸気によって冷却される。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2012-107618号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところで、上記のように外側ケーシングと内側ケーシングとの間に蒸気の流通する流路を形成する場合であっても、蒸気タービンの運転状況によっては、動翼の先端と内側ケーシングの内周面とのクリアランスや静翼の先端とロータとのクリアランスが不用意に狭まってしまふ可能性がある。

【0006】

この発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、ロータ側と内側ケーシング側との間のクリアランスを適切な値に設定することができる蒸気タービン及び温度制御方法を提供するものである。

30

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の課題を解決するために以下の構成を採用する。

この発明の第一態様によれば、蒸気タービンは、外周面に複数の動翼が設けられて、軸線回りに回転するロータと、前記軸線を中心とする径方向の外側から前記ロータを覆い、前記ロータの外周面との間に蒸気が流通する第一蒸気流路を形成している内側ケーシングと、前記内側ケーシングの内周面に複数設けられ、前記複数の動翼とともに前記第一蒸気流路内に配置されている静翼と、一般部及び、前記一般部よりも熱容量の大きい大熱容量部を有し、前記内側ケーシングを前記径方向の外側から覆い、前記第一蒸気流路と連通して前記蒸気を流通する第二蒸気流路を前記内側ケーシングの外周面との間に形成している外側ケーシングと、熱媒体を流すことが可能な熱媒通路を内部に有し、前記一般部を冷却又は加熱可能な冷却加熱部と、前記熱媒通路へ熱媒体を供給可能な熱媒体供給部と、前記大熱容量部の温度を測定する第一測定部と、前記一般部の温度を測定する第二測定部と、前記第一測定部により測定された前記大熱容量部の温度と前記第二測定部により測定された前記一般部の温度との温度差に基づいて、前記温度差が予め設定された閾値以下となるように前記熱媒体供給部を制御する温度制御部と、を備え、前記大熱容量部を冷却又は加熱可能な熱媒体を流すことが可能であり前記大熱容量部の内部に形成された大熱容量部用熱媒通路を有した大熱容量部冷却加熱部と、前記大熱容量部の外周面に沿うように設けられた他の大熱容量部用熱媒通路を有した他の大熱容量部冷却加熱部と、を備える。

40

50

外側ケーシングの大熱容量部と一般部とでは、一般部の方が、熱しやすく冷めやすい、そのため、起動中に高温の蒸気によって外側ケーシングが加熱された場合や、負荷運転中から停止する場合等に、大熱容量部と一般部との間に温度差が生じる。しかし、この発明の第一態様のように、温度制御部によって、一般部の温度と大熱容量部との温度差が、予め設定された閾値以下となるように、一般部が冷却又は加熱される。そのため、外側ケーシングの大熱容量部と一般部との温度分布が生じて外側ケーシングが変形することを抑制できるため、この外側ケーシングに支持された内側ケーシングが変位して、動翼と内側ケーシングとの間のクリアランスや、静翼とロータとの間のクリアランスが、負荷運転中よりも小さくなることを抑制できる。

したがって、運転状況によらず上記クリアランスを適正な値にすることができる。そのため、負荷運転中におけるクリアランスの更なる低減を図り、負荷運転中の効率を向上することが可能となる。

さらに、大熱容量部の温度を一般部の温度に近づけることができるため、大熱容量部と一般部との温度差が予め設定された閾値よりも大きくなった場合であっても、冷却加熱部と、大熱容量部冷却加熱部との両方によって上記温度差を迅速に閾値以下にすることができる。

【0008】

この発明の第二態様によれば、第一態様に係る蒸気タービンは、前記外側ケーシングは、前記内側ケーシングの下半分を覆う下半部と、前記内側ケーシングの上半分を覆う上半部と、を備えていても良い。さらに、前記大熱容量部は、前記下半部の開口縁から外側に突出する下半フランジ部と、前記上半部の開口縁から外側に突出し、前記下半フランジ部に固定可能な上半フランジ部と、からなるようにしてもよい。

このように構成することで、下半フランジ部及び上半フランジ部の温度と比べて、上半部の一般部の温度と下半部の一般部の温度とがそれぞれ上昇や下降し過ぎないように温度制御部によって制御することができる。

【0009】

この発明の第三態様によれば、第一又は第二態様に係る冷却加熱部は、前記熱媒通路として前記軸線に沿って延びる第一熱媒通路を備えていてもよい。

このように構成することで、軸線方向に熱媒体を流すことができる。そのため、軸線方向における一般部の温度ばらつきを抑制することができる。

【0010】

この発明の第四態様によれば、第三態様に係る冷却加熱部は、前記外側ケーシングの周方向に間隔を空けて複数の前記第一熱媒通路を備えていてもよい。

このように構成することで、外側ケーシングの周方向において、一般部の複数の位置における温度を個別に調整することができる。そのため、例えば、一般部の周方向における温度が局所的に上昇や下降している場合などであっても、一般部の周方向における温度を均一化することができる。

【0011】

この発明の第五態様によれば、第一又は第二態様に係る冷却加熱部は、前記熱媒通路として前記外側ケーシングの周方向に延びる第二熱媒通路を備えていてもよい。

このように構成することで、外側ケーシングの周方向に熱媒体を流すことができる。そのため、外側ケーシングの周方向における一般部の温度ばらつきを抑制することができる。

【0012】

この発明の第六態様によれば、第五態様に係る冷却加熱部は、軸線方向に間隔を空けて複数の前記第二熱媒通路を備えていてもよい。

このように構成することで、外側ケーシングの軸線方向において、一般部の複数の位置における温度を個別に調整することができる。そのため、例えば、一般部の軸線方向における複数の位置のうち温度が局所的に上昇や下降している位置が有る場合などであっても、一般部の軸線方向における温度を均一化することができる。

10

20

30

40

50

【0013】

この発明の第七態様によれば、第三から第五態様の何れか一つの態様に係る蒸気タービンは、前記一般部の内部に冷却加熱部を備えていてもよい。

このように構成することで、一般部の一部を冷却加熱部として用いることができる。そのため、例えば、冷却加熱部が外側ケーシングの外側面に設けられている場合と比較して、外側ケーシングの大型化を抑制できる。

【0015】

この発明の第八態様によれば、第一から第七態様の何れか一つの態様に係る蒸気タービンは、前記一般部と前記大熱容量部との少なくとも一方を加熱する加熱部、又は前記一般部と前記大熱容量部との少なくとも一方を冷却する冷却部を備えていてもよい。

このように構成することで、冷却加熱部に加え、加熱部や冷却部によって一般部と大熱容量部との少なくとも一方を加熱又は冷却することができる。

【0016】

この発明の第九態様によれば、第一から第八態様の何れか一つの態様に係る蒸気タービンは、前記外側ケーシングの周方向で前記一般部に挟まれるように配置され、前記一般部よりも熱容量の大きい熱容量拡大部を備えていてもよい。

この熱容量拡大部は一般部よりも熱容量が大きいため、大熱容量部との間の熱容量の差が少ない。そのため、熱容量拡大部と大熱容量部との間には、温度差が生じ難い。そして、熱容量拡大部は、一般部に挟まれるように配置されているので、熱容量拡大部の温度変化に追従して一般部の温度が変化する。その結果、一般部と大熱容量部との温度差が生じ難くなり、一般部と大熱容量部との温度差に起因する変形が生じることを抑制できる。

【0017】

この発明の第十態様によれば、第一から第九態様の何れか一つの態様に係る蒸気タービンの温度制御方法であって、前記一般部の温度を測定する工程と、前記大熱容量部の温度を測定する工程と、前記一般部の温度と前記大熱容量部の温度との温度差が、予め設定された閾値以下となるように前記一般部を冷却又は加熱する工程と、を含む。

このように構成することで、一般部と大熱容量部との温度差を予め設定された閾値以下にすることができるため、外側ケーシングの変形を抑制できる。その結果、負荷運転中におけるクリアランスの更なる低減を図り、蒸気タービンの効率を向上することができる。

【0018】

この発明の第十一態様によれば、第十態様に係る温度制御方法は、前記一般部の温度と前記大熱容量部の温度との温度差が、予め設定された閾値以下となるように、前記一般部を加熱すると共に前記大熱容量部を冷却する工程を含んでいてもよい。

このように構成することで、一般部の温度と大熱容量部の温度との温度差を迅速に小さくすることができる。

【発明の効果】

【0019】

この発明に係る蒸気タービン及び温度制御方法によれば、運転状況によらず動翼とケーシングとのクリアランスや静翼とロータとのクリアランスが変動することを抑制して、負荷運転中におけるクリアランスの更なる低減を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】この発明の第一実施形態における蒸気タービンの概略構成を示す断面図である。

【図2】この発明の第一実施形態における蒸気タービンの軸線に直交する断面図である。

【図3】この発明の第一実施形態における蒸気タービンの温度制御に係る概略構成を示すブロック図である。

【図4】この発明の第一実施形態における温度制御方法のフローチャートである。

【図5】この発明の第一実施形態の変形例における図1に相当する断面図である。

【図6】この発明の第一実施形態の変形例における図2に相当する断面図である。

【図7】この発明の第二実施形態における図1に相当する断面図である。

10

20

30

40

50

【図 8】この発明の第二実施形態における図 2 に相当する断面図である。

【図 9】この発明の第二実施形態の変形例における図 1 に相当する断面図である。

【図 10】この発明の第二実施形態の変形例における図 2 に相当する断面図である。

【図 11】この発明の第三実施形態における蒸気タービンの図 2 に相当する断面図である。

【図 12】この発明の第三実施形態における温度制御方法のフローチャートである。

【図 13】この発明の第三実施形態の変形例における図 2 に相当する断面図である。

【図 14】この発明の第四実施形態における図 2 に相当する断面図である。

【図 15】この発明の第五実施形態における図 2 に相当する断面図である。

【図 16】この発明の第一実施形態の他の態様における蒸気タービンを示す図 1 に相当する断面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0021】

(第一実施形態)

次に、この発明の第一実施形態における蒸気タービンを図面に基づき説明する。

図 1 は、この発明の第一実施形態における蒸気タービンの概略構成を示す断面図である。図 2 は、この発明の第一実施形態における蒸気タービンの軸線に直交する断面図である。図 3 は、この発明の第一実施形態における蒸気タービンの温度制御に係る概略構成を示すブロック図である。

この実施形態の蒸気タービンは、蒸気の熱エネルギーを回転エネルギーに変換して出力し、例えば、この蒸気タービンが発電用の蒸気タービンである場合、蒸気タービンから出力された回転エネルギーは、発電機によって電気エネルギーへと変換される。

20

【0022】

図 1 から図 3 に示すように、この第一実施形態の蒸気タービン 100 は、ロータ 1 と、内側ケーシング 2 と、外側ケーシング 3 と、軸受部 4 と、シール部 5 と、主蒸気供給部 6 と、冷却加熱部 7 と、熱媒体供給部 8 と、温度測定部 9 と、温度制御部 10 と、を主に備えている。

【0023】

図 1 に示すように、ロータ 1 は、ロータ本体 11 と、動翼 12 と、を備えている。このロータ 1 は、軸線 Ar 回りに回転可能になっている。

30

ロータ本体 11 は、軸線 Ar 方向に延びている。このロータ本体 11 は、外側ケーシング 3 を貫通するように配置されて、その両端部 11a, 11b が外側ケーシング 3 の外部で回転可能に支持されている。

動翼 12 は、ロータ本体 11 の外周側に設けられている。より具体的には、動翼 12 は、ロータ本体 11 の周方向にそれぞれ間隔をあけて、ロータ本体 11 に複数設けられている。これら動翼 12 は、ロータ本体 11 の外周面 11c から軸線 Ar を中心とした放射方向に延びている。さらに、動翼 12 は、ロータ本体 11 の軸線 Ar 方向の中間部において、軸線 Ar 方向に間隔をあけて複数段設けられている。

【0024】

内側ケーシング 2 は、ロータ 1 との間に、作動流体である主蒸気の流れる第一蒸気流路 13 を形成する。この内側ケーシング 2 は、ロータ 1 の径方向における外側からロータ 1 を覆っている。この実施形態における内側ケーシング 2 は、ロータ 1 のうち軸線 Ar 方向の中間部のみを外側から覆っている。

40

【0025】

内側ケーシング 2 の内周側には、静翼 14 が設けられている。これら静翼 14 は、例えば、翼環 (図示せず) 等を介して内側ケーシング 2 に固定されている。これら静翼 14 は、軸線 Ar を中心とした周方向に間隔をあけて複数配置されている。また、これら静翼 14 は、軸線 Ar 方向に間隔をあけて複数段設けられ、主蒸気の流れる方向で上述した動翼段の上流側にそれぞれ配置されている。

【0026】

50

ロータ1の径方向において、静翼14の端部とロータ1とのクリアランスは、起動時、停止時及び負荷運転時の何れにおいても、静翼14とロータ1との接触が生じないようにクリアランスC1に予め設定されている。同様に、ロータ1の径方向において、動翼12の端部とその外側に配置される部材との間のクリアランスは、起動時、停止時及び負荷運転時の何れにおいても、動翼12と内側ケーシング2との接触が生じないようにクリアランスC2に予め設定されている。ここで、上述したロータ1の径方向において、動翼12の端部の外側に配置される部材とは、内側ケーシング2の内周面や、内側ケーシング2の内周面に取り付けられている分割環等の部材を例示できる。

【0027】

内側ケーシング2には、その径方向外側から第一蒸気流路13へ主蒸気を流入させるための内側蒸気入口15が形成されている。この内側蒸気入口15は、軸線Ar方向において、内側ケーシング2の第一端部11aに近い側に配置されている。また、内側ケーシング2には、軸線Ar方向における内側蒸気入口15とは反対側の端部2aに、主蒸気を排出するための内側排出口16が形成されている。その一方で、軸線Ar方向において内側排出口16とは反対側の端部2bには、ロータ1が貫通する内側貫通部17が形成されている。内側蒸気入口15から第一蒸気流路13に流入した主蒸気は、内側蒸気入口15から内側排出口16に向かって軸線Arに沿って流れ、内側排出口16から内側ケーシング2の外部すなわち、内側ケーシング2と外側ケーシングとの間の第二蒸気流路18へと排出される。

【0028】

外側ケーシング3は、内側ケーシング2を外側から覆うように配置されている。言い換えれば、内側ケーシング2は、外側ケーシング3によって画成された内部空間に配置されている。外側ケーシング3は、内側ケーシング2との間に第二蒸気流路18を形成している。この外側ケーシング3は、一般部19とフランジ部(大熱容量部)20とを備えている。

【0029】

この実施形態における外側ケーシング3は、上半部21と下半部22とを備えている。上半部21は、内側ケーシング2の上半分を覆い、下半部22は、内側ケーシング2の下半分を覆う。つまり、外側ケーシング3は、軸線Arを通る水平面を境界にして上半部21と下半部22とに分割可能な形状となっている。

【0030】

外側ケーシング3は、内側ケーシング2を固定的に支持している。外側ケーシング3には、外側蒸気入口23と外側蒸気出口24とが形成されている。外側蒸気入口23は、内側ケーシング2の内側蒸気入口15に連通している。さらに、外側蒸気出口24は、第二蒸気流路18と連通している。このような構成により、主蒸気供給部6から供給される主蒸気が、外側蒸気入口23から内側蒸気入口15を介して第一蒸気流路13に流入する。さらに、内側排出口16から排出された主蒸気は、外側ケーシング3と内側ケーシング2との間に形成された第二蒸気流路18を通過して、外側蒸気出口24から外側ケーシング3の外部に排出される。

なお、外側ケーシング3には、軸線Ar方向の両端部3a, 3bに、上述したロータ本体11が貫通する貫通部25が形成されている。

【0031】

図2に示すように、フランジ部20は、上半部21に形成される上半フランジ部26と、下半部22に形成される下半フランジ部27とからなる。上半フランジ部26は、上半部21の開口縁28から外側に向かって突出するように形成されている。この上半フランジ部26は、その開口縁28の全周に渡って形成されている。同様に、下半フランジ部27は、下半部22の開口縁29から外側に向かって突出するように形成されている。この実施形態における上半フランジ部26と下半フランジ部27とは、それぞれ水平方向に延びる合わせ面30, 31をそれぞれ備えている。上半フランジ部26と下半フランジ部27とは、それぞれの合わせ面30, 31を突き合わせた状態でボルト(図示せず)等によ

10

20

30

40

50

って結合されている。

【 0 0 3 2 】

この実施形態における一般部 19 は、フランジ部 20 以外の部分であり、軸線 A r に直交する断面（図 2 参照）において、フランジ部 20 よりも薄肉に形成されている。そのため、フランジ部 20 は、一般部 19 よりも熱容量が大きくなっている。この実施形態における外側ケーシング 3 は、ステンレス等の金属で形成されている。

【 0 0 3 3 】

ここで、この実施形態においては、上述した下半フランジ部 27 よりも上半フランジ部 26 を外側に突出させるようにして被支持部が形成されている（図示せず）。この被支持部（図示せず）は、上下方向に伸びる支持部（図示せず）によって下方より支持されている。被支持部（図示せず）の下面及び支持部（図示せず）の上面は、それぞれ水平面とされ、被支持部（図示せず）が支持部（図示せず）によって支持された状態で、通常は、被支持部（図示せず）の下面と支持部（図示せず）の上面とが平行に密着するようになっている。

10

【 0 0 3 4 】

その一方で、外側ケーシング 3 の一般部 19 とフランジ部 20 との間に大きな温度差が生じた場合、一般部 19 とフランジ部 20 との軸線 A r 方向の伸び差によって、被支持部の下面が支持部の上面に対して斜めに接する状態になる場合がある。すると、外側ケーシング 3 が上下何れかに変位して、ロータ 1 と内側ケーシング 2 との相対位置も変化してしまう場合がある。なお、被支持部（図示せず）が上半フランジ部 26 に形成される場合を一例に説明したが、被支持部（図示せず）を下半フランジ部 27 に形成するようにする場合もあり、この場合も上記と同様に、外側ケーシング 3 が上下何れかに変位する。

20

【 0 0 3 5 】

シール部 5 は、回転体であるロータ 1 と静止体である内側ケーシング 2 や外側ケーシング 3 との隙間に設置されている。シール部 5 は、ロータ 1 の外周面 11 c 近傍における軸線 A r 方向への作動流体の移動を抑制する。この実施形態におけるシール部 5 は、外側ケーシング 3 の 2 つの貫通部 25 と、内側ケーシング 2 の内側貫通部 17 とにそれぞれ設置されている。

【 0 0 3 6 】

主蒸気供給部 6 は、例えば、ガスタービン（図示せず）の排熱等を利用して蒸気を発生させて、この蒸気を、主蒸気配管（図示せず）を介して上述した第一蒸気流路 13 に供給する。一般に、主蒸気配管には、主蒸気弁（図示せず）が設けられており、この主蒸気弁の開度に応じた主蒸気が第一蒸気流路 13 に供給される。

30

【 0 0 3 7 】

冷却加熱部 7 は、熱媒体を流すことが可能な熱媒通路 32 を内部に有している。この冷却加熱部 7 によれば、熱媒通路 32 に熱媒体を流すことで、一般部 19 を冷却又は加熱可能となっている。図 1、図 2 に示すように、この第一実施形態における冷却加熱部 7 は、熱媒通路 32 として軸線 A r 方向に伸びる第一熱媒通路 32 A を備えている。また、冷却加熱部 7 は、一般部 19 の外周面から外側に突出するように形成されている。この第一実施形態における冷却加熱部 7 は、軸線 A r に直交する断面における第一熱媒通路 32 A の輪郭が四角形状の場合を例示しているが、この形状に限られるものではない。

40

【 0 0 3 8 】

図 2 に示すように、冷却加熱部 7 は、外側ケーシング 3 の周方向に間隔をあけて複数設けられている。この第一実施形態における冷却加熱部 7 は、上半部 21 と下半部 22 とに 3 つずつ設けられている場合を例示している。さらに、冷却加熱部 7 は、外側ケーシング 3 の周方向において、軸線 A r 方向から見た左側のフランジ部 20 と右側のフランジ部 20 との間に等間隔で配置されている。このように形成された冷却加熱部 7 は、軸線 A r 方向における一方の端部に熱媒供給配管（図示せず）を介して熱媒体供給部 8 が接続されている（図 3 参照）。また、冷却加熱部 7 は、軸線 A r 方向における他方の端部が排出管（図示せず）に接続されている。つまり、熱媒供給配管（図示せず）から第一熱媒通路 32

50

Aに流入した熱媒は、一般部19と熱交換した後、排出管(図示せず)を介して排出される。

【0039】

図3は、この発明の第一実施形態における蒸気タービンの温度制御に係る概略構成を示すブロック図である。

図3に示すように、熱媒体供給部8は、熱媒体である、冷却媒体や加熱媒体を冷却加熱部7に向けて供給する。冷却媒体は、蒸気タービン100が起動する際に一般部19を冷却可能な熱媒体である。この冷却媒体としては、コンプレッサ等によって送り込まれる空気を用いることができる。また、加熱媒体は、蒸気タービン100が停止する際に一般部19を加熱可能な熱媒体である。この加熱媒体としては、補助ボイラーによって発生させた蒸気等を用いることができる。熱媒体供給部8は、温度制御部10の制御指令に従って、これら冷却媒体と加熱媒体とを選択的に冷却加熱部7に向けて供給することができるようになっている。また、熱媒体供給部8は、複数の冷却加熱部7に対して熱媒体の供給量をリニアに調整することが可能となっている。さらに、熱媒体供給部8は、複数の冷却加熱部7に対して、個別に熱媒体の供給量を調整することが可能となっている。

10

【0040】

図2、図3に示すように、温度測定部9は、外側ケーシング3の温度を測定する。温度測定部9の測定結果は、温度制御部10に向けて出力される。温度測定部9は、第一測定部9aと、第二測定部9bとを備えている。

第一測定部9aは、フランジ部20の温度を測定する。より具体的には、第一測定部9aは、軸線Arに直交する断面において、軸線Arを挟んだ左右のフランジ部20にそれぞれ取り付けられている。この実施形態においては、第一測定部9aがフランジ部20の側面に取り付けられている場合を例示している。

20

【0041】

第二測定部9bは、一般部19の温度を測定する。より具体的には、第二測定部9bは、一般部19の外周面19aの温度を測定する。第二測定部9bは、一般部19の周方向において間隔をあけて複数設置されている。この実施形態における第二測定部9bは、上半部21と下半部22とにそれぞれ3つずつ設けられる場合を例示している。これら第二測定部9bは、複数の冷却加熱部7が配置されているそれぞれの位置の温度を個別に測定可能となっている。

30

【0042】

温度制御部10は、フランジ部20の温度と一般部19の温度との温度差に基づいて熱媒体供給部8を制御する。より具体的には、温度制御部10は、第一測定部9aにより測定されたフランジ部20の温度と、第二測定部9bにより測定された一般部19の温度との温度差を求める。さらに、温度制御部10は、この温度差が予め設定された閾値以下となるように熱媒体供給部8による熱媒体の供給を制御する。

【0043】

ここで、この実施形態における温度制御部10は、2つの第一測定部9aの測定結果に対する、6つの第二測定部9bの測定結果の温度差をそれぞれ求めて全てが閾値以下となるように各冷却加熱部7に個別に適切な流量の熱媒体を供給している。なお、温度制御部10は、複数の第一測定部9aにより測定された温度の平均温度と、複数の第二測定部9bにより測定された温度の平均温度との温度差に基づいて熱媒体供給部8を制御するようにしても良い。

40

【0044】

(第一実施形態の温度制御方法)

次に、上述した構成を備える蒸気タービンによる温度制御方法について図面を参照しながら説明する。なお、この第一実施形態における温度制御方法は、例えば、記録媒体に記録されたプログラムを温度制御部10のコンピュータシステムにより実行することで行うことができる(以下の各実施形態及び各変形例も同様)。

【0045】

50

図4は、この発明の第一実施形態における温度制御方法のフローチャートである。

図4に示すように、まず、温度制御部10は、蒸気タービン100の運転状況が、起動時か否かを判定する(ステップS01)。起動時か否かの判定は、例えば、蒸気タービン100を起動するための操作入力となされたからの経過時間が所定の閾値以上か否かの判定により行う方法が例示できる。また、起動時は、蒸気タービン100に主蒸気が供給されていない状態から負荷運転に入るまでの運転状況を意味する。

【0046】

この判定の結果、起動時であると判定された場合(ステップS01でYes)、温度制御部10は、第一測定部9aからフランジ部20の温度を取得する(ステップS02)とともに、第二測定部9bから一般部19の温度を取得する(ステップS03)。なお、フランジ部20と一般部19の温度を取得するタイミングは、上記の順序に限られず、例えば、同時であってもよい。

10

【0047】

次いで、温度制御部10は、フランジ部20の温度と、一般部19の温度との温度差を算出する(ステップS04)。そして、温度制御部10は、この算出した温度差が予め設定された閾値以下か否かを判定する(ステップS05)。ここで、予め設定された閾値とは、外側ケーシング3に変形が発生し得る状態であることを判定するための温度差の閾値である。

【0048】

この判定の結果、温度差が閾値以下ではない(ステップS05でNo)と判定された場合、温度制御部10は、温度差が閾値以下となるように、冷却媒体を冷却加熱部7に供給する。これにより一般部19が冷却される。

20

また、温度差が閾値以下である(ステップS05でYes)と判定された場合、一般部19を冷却する必要はないため、温度制御部10は、上述した一連の制御処理を一旦終了する。

【0049】

ここで、蒸気タービン100の起動時、高温の主蒸気の供給が開始されると、一般部19は、この一般部19よりも熱容量が大きいフランジ部20よりも温度上昇が早い。このように一般部19の温度上昇が早いと、一般部19にフランジ部20よりも大きい熱伸びが生じる。そのため、外側ケーシング3に変形が生じてしまう。そして、この外側ケーシング3に支持されている内側ケーシング2が変位してしまう。つまり、上述した温度差を閾値以下とすることで、その結果として内側ケーシング2の変位が生じないようになる。

30

【0050】

この冷却媒体による一般部19の冷却は、温度差が閾値以下となるまで、又は、蒸気タービン100が負荷運転に移行するまで継続される。

【0051】

一方で、蒸気タービン100が起動時ではないと判定された場合(ステップS01でNo)、温度制御部10は、蒸気タービン100が停止時か否かを判定する。この停止時か否かの判定は、例えば、蒸気タービン100を停止するための操作入力となされたからの経過時間が所定の閾値以上か否かの判定により行う方法が例示できる。ここで、停止時は、負荷運転を行っている状態からロータ1が完全停止するまでの運転状況を意味する。また、停止時としては、負荷運転に停止操作を行うことによる停止と、異常発生による停止であるいわゆるトリップとがある。

40

【0052】

蒸気タービン100が停止時ではないと判定された場合(ステップS07でNo)、温度制御部10は、起動時でも停止時でもない運転状況、すなわち負荷運転中であるため、上述した一連の制御処理を一旦終了する。

一方で、蒸気タービン100が停止時であると判定された場合(ステップS07でYes)、温度制御部10は、第一測定部9aからフランジ部20の温度を取得する(ステップS08)とともに、第二測定部9bから一般部19の温度を取得する(ステップS09

50

)。

【 0 0 5 3 】

次いで、温度制御部 1 0 は、フランジ部 2 0 の温度と、一般部 1 9 の温度との温度差を算出する（ステップ S 1 0）。そして、温度制御部 1 0 は、この算出した温度差が予め設定された閾値以下か否かを判定する（ステップ S 1 1）。ここで、予め設定された閾値とは、上述した閾値と同様に、外側ケーシング 3 に変形が発生し得る状態であることを判定するための温度差の閾値である。

【 0 0 5 4 】

この判定の結果、温度差が閾値以下ではない（ステップ S 1 1 で N o）と判定された場合、温度制御部 1 0 は、温度差が閾値以下となるように、加熱媒体を冷却加熱部 7 に供給する。これにより一般部 1 9 が加熱される。

また、温度差が閾値以下である（ステップ S 1 1 で Y e s）と判定された場合、一般部 1 9 を加熱する必要はないため、温度制御部 1 0 は、上述した一連の制御処理を一旦終了する。

【 0 0 5 5 】

ここで、蒸気タービン 1 0 0 の停止時、高温の主蒸気の供給が停止されると、一般部 1 9 は、この一般部 1 9 よりも熱容量が大きいフランジ部 2 0 よりも温度低下が早い。このように一般部 1 9 の温度低下が早いと、一般部 1 9 にフランジ部 2 0 よりも大きく縮みが生じる。そのため、外側ケーシング 3 に変形が生じてしまう。そして、この外側ケーシング 3 に支持されている内側ケーシング 2 が変位してしまう。つまり、起動時と同様に、上述した温度差を閾値以下とすることで、その結果として内側ケーシング 2 の変位が生じないようになる。

【 0 0 5 6 】

この加熱媒体による一般部 1 9 の加熱は、温度差が閾値以下となるまで、又は、蒸気タービン 1 0 0 のロータ 1 が完全停止するまで継続される。

【 0 0 5 7 】

したがって、上述した第一実施形態の蒸気タービン 1 0 0 によれば、温度制御部 1 0 によって、一般部 1 9 の温度とフランジ部 2 0 との温度差が、予め設定された閾値以下となるように、一般部 1 9 が冷却又は加熱される。そのため、外側ケーシング 3 のフランジ部 2 0 と一般部 1 9 とに温度分布が生じて外側ケーシング 3 が変形することを抑制できる。そして、この外側ケーシング 3 の変形により外側ケーシング 3 に支持された内側ケーシング 2 が変位して、動翼 1 2 と内側ケーシング 2 との間のクリアランス C 2 や、静翼 1 4 とロータ 1 との間のクリアランス C 1 が、負荷運転中よりも小さくなることを抑制できる。その結果、ロータ 1 側と内側ケーシング 2 側とのクリアランスを適切な値に設定することができる。

【 0 0 5 8 】

さらに、外側ケーシング 3 が上半部 2 1 と下半部 2 2 とを備える場合であっても、下半フランジ部 2 7 及び上半フランジ部 2 6 の温度と比べて、上半部 2 1 及び下半部 2 2 の各一般部 1 9 の温度とがそれぞれ上昇や下降し過ぎないように温度制御部 1 0 によって温度制御することができる。

【 0 0 5 9 】

さらに、第一熱媒通路 3 2 A によって熱媒体を軸線 A r 方向に流すことができる。そのため、軸線 A r 方向における一般部 1 9 の温度ばらつきを抑制することができる。

また、外側ケーシング 3 の周方向に、複数の第一熱媒通路 3 2 A が形成されている。そのため、外側ケーシング 3 の周方向における複数の位置の温度を個別に調整することができる。これにより、一般部 1 9 において、温度が局所的に上昇や下降している箇所があったとしても、一般部 1 9 の周方向における温度の均一化を図ることができる。

【 0 0 6 0 】

（第一実施形態の変形例）

図 5 は、この発明の第一実施形態の変形例における図 1 に相当する断面図である。図 6

10

20

30

40

50

は、この発明の第一実施形態の変形例における図2に相当する断面図である。

上述した第一実施形態においては、冷却加熱部7が一般部19から外側に向かって突出するように形成される場合について説明した。しかし、図5、図6に示す変形例のように、一般部19の内部に冷却加熱部7を設けても良い。すなわち、この変形例における第一熱媒通路32Bは、一般部19の内部に形成されている。

【0061】

この第一実施形態の変形例のように第一熱媒通路32Bを形成することで、一般部19の一部を冷却加熱部7として用いることができる。そのため、例えば、冷却加熱部7が外側ケーシング3の外側面に突出して設けられている場合と比較して、外側ケーシング3の大型化を抑制できる。

【0062】

なお、第一実施形態の変形例で示した第一熱媒通路32Bは、第一実施形態で示した第一熱媒通路32Aと併用するようにしても良い。

【0063】

(第二実施形態)

次に、この発明の第二実施形態を図面に基づき説明する。この第二実施形態の蒸気タービン200は、上述した第一実施形態の蒸気タービン100に対して、冷却加熱部7の構成のみが異なる。そのため、上述した第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複する説明を省略する。

【0064】

図7は、この発明の第二実施形態における図1に相当する断面図である。図8は、この発明の第二実施形態における図2に相当する断面図である。

図7に示すように、この第二実施形態における蒸気タービン200は、上述した第一実施形態の蒸気タービン100と同様に、ロータ1と、内側ケーシング2と、外側ケーシング3と、軸受部4と、シール部5と、主蒸気供給部6と、冷却加熱部207と、熱媒体供給部8と、温度測定部9と、温度制御部10と、を主に備えている。

【0065】

図7、図8に示すように、冷却加熱部207は、第一実施形態と同様に、熱媒体を流すことが可能な熱媒通路を内部に有している。この冷却加熱部207は、一般部19の外周面から外側に突出するように形成されている。この冷却加熱部207によれば、熱媒通路に熱媒体を流すことで、一般部19を冷却又は加熱可能となっている。この第二実施形態における冷却加熱部207は、熱媒通路として軸線Arを中心とした外側ケーシング3の周方向に延びる第二熱媒通路33Aを備えている。

【0066】

冷却加熱部207は、外側ケーシング3の軸線Ar方向に間隔をあけて複数設けられている。さらに、冷却加熱部207は、外側ケーシング3の周方向において、軸線Ar方向から見た左側のフランジ部20と右側のフランジ部20との間に渡るように形成されている。

この第二実施形態における冷却加熱部207は、軸線Ar方向から見た場合に、左右のフランジ部20の中間位置に、供給配管を介して熱媒体供給部8が接続されている。つまり、冷却加熱部7に供給された熱媒体は、上記中間位置において左右のフランジ部20側に向けて分流する。また、冷却加熱部7は、外側ケーシング3の周方向における両端部が排出管(図示せず)に接続されている。つまり、供給配管から第二熱媒通路33Aに流入した熱媒は、一般部19と熱交換した後、排出管(図示せず)を介して排出される。

【0067】

熱媒体供給部8は、熱媒体として、冷却媒体や加熱媒体を冷却加熱部7に向けて供給する。第一実施形態と同様に、冷却媒体は、蒸気タービン200が起動する際に一般部19を冷却可能な熱媒体である。この冷却媒体としては、コンプレッサ等によって送り込まれる空気を用いることができる。また、加熱媒体も、第一実施形態と同様に、蒸気タービン200が停止する際に一般部19を加熱可能な熱媒体である。この加熱媒体としては、補

10

20

30

40

50

助ボイラーによって発生させた蒸気等を用いることができる。熱媒体供給部 8 は、これら冷却媒体と加熱媒体とを選択的に冷却加熱部 207 に向けて供給することができる。

【0068】

また、熱媒体供給部 8 は、バルブ等を介して複数の冷却加熱部 207 に対してそれぞれ異なる供給量で熱媒体を供給できる。さらに、熱媒体供給部 8 は、熱媒体の供給量をそれぞれリニアに調整することが可能となっている。また、熱媒体供給部 8 は、複数の冷却加熱部 207 に対して、個別に熱媒体の供給量を調整することが可能となっている。

【0069】

温度測定部 9 は、外側ケーシング 3 の温度を測定する。温度測定部 9 の測定結果は、温度制御部 10 に向けて出力される。温度測定部 9 は、第一測定部 9a と、第二測定部 9b とを備えている。

10

第一測定部 9a は、フランジ部 20 の温度を測定する。より具体的には、第一測定部 9a は、軸線 Ar に直交する断面において、軸線 Ar を挟んだ左右のフランジ部 20 にそれぞれ取り付けられている。この第二実施形態においても、第一実施形態と同様に、第一測定部 9a がフランジ部 20 の側面に取り付けられている場合を例示している。

【0070】

第二測定部 9b は、一般部 19 の温度を測定する。より具体的には、第二測定部 9b は、一般部 19 の外周面の温度を測定する。第二測定部 9b は、少なくとも一般部 19 の軸方向において間隔をあけて複数設置されている。これら第二測定部 9b は、外側ケーシング 3 の軸線 Ar 方向に複数の冷却加熱部 207 が配置されているそれぞれの位置の温度を個別に測定可能となっている。なお、この第二実施形態における第二測定部 9b は、冷却加熱部 207 に沿って周方向に複数設けるようにしても良い。

20

【0071】

温度制御部 10 は、フランジ部 20 の温度と、一般部 19 の温度との温度差に基づいて熱媒体供給部 8 を制御する。より具体的には、温度制御部 10 は、第一測定部 9a により測定されたフランジ部 20 の温度と、第二測定部 9b により測定された一般部 19 の温度との温度差を求める。さらに、温度制御部 10 は、この温度差が予め設定された閾値以下となるように熱媒体供給部 8 による熱媒体の供給を制御する。ここで、この実施形態における温度制御部 10 は、2つの第一測定部 9a の測定結果に対する、8つの第二測定部 9b の測定結果の温度差をそれぞれ求めて全てが閾値以下となるように各冷却加熱部 207 に個別に適切な流量の熱媒体を供給している。なお、温度制御部 10 は、複数の第一測定部 9a により測定された温度の平均温度と、複数の第二測定部 9b により測定された温度の平均温度との温度差に基づいて熱媒体供給部 8 を制御するようにしても良い。

30

【0072】

この第二実施形態における温度制御方法は、上述した第一実施形態の第一熱媒通路を第二熱媒通路に置き換えるだけである。第二実施形態における温度制御方法の詳細説明は省略する。

【0073】

上述した第二実施形態の蒸気タービン 200 によれば、第一実施形態とは異なり、第二熱媒通路 33A が外側ケーシング 3 の周方向に延びているため、外側ケーシング 3 の周方向に熱媒体を流すことができる。その結果、外側ケーシング 3 の周方向における一般部 19 の温度ばらつきを抑制することができる。

40

【0074】

また、外側ケーシング 3 の軸線 Ar 方向において、一般部 19 の複数の位置における温度を個別に調整することができる。そのため、例えば、一般部 19 の軸線 Ar 方向における複数の位置のうち温度が局所的に上昇や下降している位置が有る場合などであっても、軸線 Ar 方向における一般部 19 の温度均一化を図ることができる。

【0075】

(第二実施形態の変形例)

図 9 は、この発明の第二実施形態の変形例における図 1 に相当する断面図である。図 1

50

0 は、この発明の第二実施形態の変形例における図 2 に相当する断面図である。

上述した第二実施形態においては、冷却加熱部 207 が一般部 19 から外側に向かって突出するように形成される場合について説明した。しかし、第一実施形態の変形例と同様に、この第二実施形態についても、図 10、図 11 に示す変形例のように、一般部 19 の内部に冷却加熱部 7 を設けても良い。すなわち、第二熱媒通路は、一般部 19 の内部に形成するようにしても良い。

この第二実施形態の変形例のように第二熱媒通路を形成することで、一般部 19 の一部を冷却加熱部 7 として用いることができる。そのため、例えば、冷却加熱部 7 が外側ケーシング 3 の外面側に突出して設けられている場合と比較して、外側ケーシング 3 の大型化を抑制できる。

【0076】

(第三実施形態)

次に、この発明の第三実施形態を図面に基づき説明する。この第三実施形態の蒸気タービンは、上述した第一実施形態の蒸気タービンに対して、フランジ部 20 の構成が異なる。そのため、上述した第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複する説明を省略する。

図 11 は、この発明の第三実施形態における蒸気タービンの図 2 に相当する断面図である。

図 11 に示すように、この第三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構成に加えて、フランジ部 20 を冷却又は加熱可能なフランジ冷却加熱部 (大熱容量部冷却加熱部) 34 を備えている。フランジ冷却加熱部 34 は、フランジ部 20 を冷却可能な冷却媒体と、フランジ部 20 を加熱可能な加熱媒体と、を選択的に流すことが可能なフランジ部用熱媒通路を有している。

【0077】

図 11 に示す第三実施形態の蒸気タービン 300 は、フランジ部 20 の内部に、複数のフランジ冷却加熱部 34 が設けられている場合を例示している。つまり、フランジ部 20 の内部にフランジ部用熱媒通路 35 が形成されている。これらフランジ部用熱媒通路 35 は、軸線 Ar と直交する断面において、フランジ部 20 の外面の直近に配置され、フランジ部 20 の外面に沿うようにしてそれぞれ間隔をあけて並んで複数配置されている。

【0078】

ここで、熱媒体供給部 8 は、第一実施形態と同様に、一般部 19 の冷却又は加熱を行う冷却加熱部 7 へ熱媒体を供給可能に構成されるとともに、フランジ冷却加熱部 34 へも熱媒体を供給可能に構成されている。一般部 19 に設けられた冷却加熱部 7 へ供給される熱媒体の種類が冷却媒体の場合に、フランジ冷却加熱部 34 には、加熱媒体が供給される。同様に、一般部 19 に設けられた冷却加熱部 7 へ供給される熱媒体の種類が加熱媒体の場合に、フランジ冷却加熱部 34 には冷却媒体が供給される。

【0079】

(第三実施形態の温度制御方法)

次に、上述した構成を備える第三実施形態の蒸気タービンによる温度制御方法について図面を参照しながら説明する。なお、この第三実施形態における温度制御方法は、上述した第一実施形態における温度制御方法に加えて、フランジ部 20 についても温度制御を行うものである。つまり、一般部 19 の冷却及び加熱については第一実施形態と同様の温度制御方法となるため、ここでの詳細説明を省略する。また、第三実施形態の温度制御方法においては、フランジ部 20 を冷却する際に一般部 19 が加熱され、一般部 19 を加熱する際にフランジ部 20 が冷却される。

【0080】

図 12 は、この発明の第三実施形態における温度制御方法のフローチャートである。この図 12 のフローチャートでは、上述した図 4 のフローチャートと同一処理に同一符号を付して詳細説明を省略する。

図 12 に示すように、蒸気タービンが起動時である場合 (ステップ S01 で Yes)、

10

20

30

40

50

温度制御部 10 は、ステップ S 0 1 からステップ S 0 5 までを行う。すなわち、フランジ部 20 の温度と、一般部 19 の温度との温度差を求めて、この温度差が予め設定された閾値以下か否かを判定する。

【0081】

そして、温度制御部 10 は、一般部 19 とフランジ部 20 との温度差が予め設定された閾値以下であると判定されなかった場合（ステップ S 0 5 で No）、この温度差が閾値以下となるように、フランジ冷却加熱部 34 に対して加熱媒体を供給する（ステップ S 1 0 6）。この際、一般部 19 の冷却加熱部 7 に対しては、同時に冷却媒体が供給されている。

【0082】

一方で、蒸気タービンが起動時ではなく、停止時である場合（ステップ S 0 7 で Yes）、温度制御部 10 は、ステップ S 0 8 からステップ S 1 1 までを行う。そして、温度制御部 10 は、一般部 19 とフランジ部 20 との温度差が予め設定された閾値以下であると判定されなかった場合（ステップ S 1 1 で No）、この温度差が閾値以下となるように、フランジ冷却加熱部 34 に対して冷却媒体を供給する（ステップ S 1 1 2）。この際、一般部 19 の冷却加熱部 7 に対しては、同時に加熱媒体が供給されている。

【0083】

したがって、上述した第三実施形態によれば、フランジ冷却加熱部 34 によって熱容量が大きいフランジ部 20 の温度を積極的に一般部 19 の温度に近づけることができる。そのため、フランジ部 20 と一般部 19 との温度差が予め設定された閾値よりも大きくなった場合に、冷却加熱部 7 で一般部 19 のみを冷却又は加熱して温度差を閾値以下にする場合よりも、フランジ部 20 と一般部 19 との温度差を迅速に閾値以下にすることができる。

【0084】

（第三実施形態の変形例）

図 13 は、この発明の第三実施形態の変形例における図 2 に相当する断面図である。

上述した第三実施形態においては、フランジ部 20 の内部にフランジ冷却加熱部 34 を設ける場合について説明したが、この構成に限られない。例えば、図 13 に示す変形例のように、フランジ部 20 の外周面（言い換えれば、フランジ部 20 の子午線）に沿うように他のフランジ冷却加熱部 134 を別に設けても良い。他のフランジ冷却加熱部 134 は、他のフランジ部用熱媒通路 135 を備えており、他のフランジ部用熱媒通路 135 に熱媒を流すことで、熱容量の大きなフランジ部 20 に対してより迅速に冷却又は加熱を行うことができる。なお、上述したフランジ冷却加熱部 34 を省略して、他のフランジ冷却加熱部 135 のみでフランジ部 20 を冷却又は加熱するようにしても良い。

【0085】

（第四実施形態）

次に、この発明の第四実施形態を図面に基づき説明する。この第四実施形態の蒸気タービンは、上述した各実施形態に対して、ヒータを設けたものである。そのため、上述した各実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複する説明を省略する。なお、この第四実施形態では、第一実施形態の変形例における冷却加熱部 7 と、第三実施形態のフランジ冷却加熱部 34 を備えた蒸気タービンに対してヒータを設けている場合を一例に説明する。

【0086】

図 14 は、この発明の第四実施形態における図 2 に相当する断面図である。

図 14 に示すように、第四実施形態における蒸気タービン 400 は、冷却加熱部 7 が一般部 19 の内部に設けられ、フランジ冷却加熱部 34 がフランジ部 20 の内部に設けられている。

蒸気タービン 400 は、ヒータ 40 を備えている。このヒータ 40 としては、例えば、誘導加熱機を用いることができる。

【0087】

10

20

30

40

50

ヒータ４０は、一般部用ヒータ４０aと、フランジ部用ヒータ４０bとからなる。これら一般部用ヒータ４０aとフランジ部用ヒータ４０bとは、それぞれ温度制御部１０によって温度制御される。

一般部用ヒータ４０aは、一般部１９を加熱し、フランジ部用ヒータ４０bは、フランジ部２０を加熱する。温度制御部１０は、これら一般部用ヒータ４０aとフランジ部用ヒータ４０bとを同時に用いず、例えば、蒸気タービン４００の起動時には、フランジ部用ヒータ４０bを用いてフランジ部２０のみを加熱し、蒸気タービン４００の停止時には、一般部用ヒータ４０aを用いて一般部１９のみを加熱する。

【００８８】

温度制御部１０は、一般部用ヒータ４０aとフランジ部用ヒータ４０bとの温度制御を行うとともに、上述した第一実施形態や第三実施形態における熱媒体供給部の制御を同時に行う。すなわち、この第四実施形態における温度制御部１０は、熱媒体とヒータ４０とを両方用いて、一般部１９とフランジ部２０との温度差が予め設定された閾値以下となるように温度制御を行っている。なお、熱媒体とヒータ４０とを併用して加熱する構成に限られず、例えば、加熱に関してはヒータ４０のみを用いるようにしても良い。

なお、第四実施形態においては、一般部１９とフランジ部２０との両方にヒータ４０を設ける場合について説明した。しかし、ヒータ４０は、一般部１９とフランジ部２０との何れか一方に設けるようにしても良い。

【００８９】

また、第四実施形態においては、加熱部であるヒータ４０を外側ケーシング３に取り付けるようにしたが、冷却を行う冷却部を一般部１９とフランジ部２０との少なくとも一方に取り付けるようにしても良い。このようにした場合、蒸気タービン４００の起動時に冷却部によって一般部１９を冷却し、停止時に冷却部によってフランジ部２０を冷却すればよい。冷却部としては、例えば、ペルチェ素子等を用いることができる。

【００９０】

したがって、第四実施形態によれば、冷却加熱部７及びフランジ冷却加熱部３４に加え、ヒータ４０によって一般部１９とフランジ部２０との少なくとも一方を加熱することができる。ヒータ４０は、熱媒体を用いた加熱よりも温度の昇降を迅速に行うことができる。その結果、より迅速に一般部１９とフランジ部２０との温度差を予め設定された閾値以下にすることが可能となる。

【００９１】

(第五実施形態)

次に、この発明の第五実施形態を図面に基づき説明する。この第五実施形態の蒸気タービン５００は、上述した第一実施形態に対して、熱容量拡大部としてリブを設けている点でのみ構成が異なる。そのため、上述した第一実施形態と同一部分に同一符号を付して説明するとともに、重複する説明を省略する。

【００９２】

図１５は、この発明の第五実施形態における図２に相当する断面図である。

図１５に示すように、この第五実施形態における外側ケーシング３は、軸線Arを中心とした周方向で、一般部１９に挟まれるようにしてリブ（熱容量拡大部）５０が形成されている。このリブ５０は、一般部１９よりも外側に突出するように形成され、一般部１９よりも熱容量が大きくなっている。この第五実施形態におけるリブ５０は、上半部２１と下半部２２との両方に設けられている。これらリブ５０は、軸線Arと直交する断面において、外側ケーシング３の周方向で左右のフランジ部２０の中央にそれぞれ配置されている。また、この第五実施形態におけるリブ５０は、フランジ部２０と同等の熱容量を有しており、軸線Ar方向に連続的に延びている。

【００９３】

なお、第五実施形態においては、リブ５０が上半部２１と下半部２２とに一つずつ設けられる場合について説明した。しかし、上半部２１と下半部２２とに設けられるリブ５０の個数は、一つずつに限られない。また、リブ５０が軸線Ar方向に連続的に延びて形成

10

20

30

40

50

されている場合について説明したが、断続的に形成されていても良い。

【0094】

したがって、第五実施形態によれば、リブ50の熱容量とフランジ部20の熱容量とが同等であるため、これらリブ50とフランジ部20とは温度差が生じ難い。そして、リブ50は、一般部19に挟まれるように配置されているので、リブ50の温度変化に一般部19の温度が追従する。その結果、一般部19とフランジ部20との温度差が生じ難くなり、一般部19とフランジ部20との温度差に起因する変形が生じることを抑制できる。

【0095】

この発明は上述した各実施形態及び各変形例の構成に限られるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で設計変更可能である。

例えば、上述した各実施形態では、一種類のタービンを収容する外側ケーシング3を備える蒸気タービンを一例にして説明した。しかし、蒸気タービンは、上述した各実施形態で説明した蒸気タービンに限られない。

【0096】

図16は、この発明の第一実施形態の他の態様における蒸気タービンを示す図1に相当する断面図である。

例えば、図16に示すような蒸気タービン600にもこの発明を適用可能である。図16に示す蒸気タービン600は、高圧タービン601と中圧タービン602とを外側ケーシング3に収容している。この蒸気タービン600においては、高圧タービン601から排出された蒸気を、再加熱装置(図示せず)により再加熱した後、中圧タービン602に供給するようになっている。

【0097】

これら高圧タービン601と中圧タービン602とは、一体に形成された内側ケーシング2を備えている。この内側ケーシング2は、上述した各実施形態の内側ケーシング2と同様に、外側ケーシング3によって支持されている。また、高圧タービン601と中圧タービン602とは、共通のロータ1を備えている。ロータ1には、それぞれ軸線Ar方向における異なる位置に、高圧タービン用の動翼12aと中圧タービン用の動翼12bが設けられている。また、内側ケーシング2には、高圧タービン用の動翼12aの上流側にそれぞれ配置される複数の静翼14aと、中圧タービン用の動翼12bの上流側にそれぞれ配置される複数の静翼14bとが取り付けられている。

【0098】

このような蒸気タービン600によれば、主蒸気は、外側ケーシング3の高圧蒸気入口23Aから高圧タービン601側の内側ケーシング2の内部に流れ込む。そして、内側ケーシング2を出た後、高圧蒸気出口24Aから一旦蒸気タービン600の外部に排出されて、再加熱装置(図示せず)を経た後、外側ケーシング3の中圧蒸気入口23Bから中圧タービン602側の内側ケーシング2の内部に流れ込む。そして、内側ケーシングを出た後、中圧蒸気出口24Bから外部に排出される。

【0099】

なお、図16においては、第一実施形態の冷却加熱部を高圧タービン601と中圧タービン602とを備える蒸気タービンに適用する場合について説明したが、第二実施形態から第五実施形態に示す冷却加熱部7、フランジ冷却加熱部34、ヒータ40及びリブ50を適宜採用しても良い。

【0100】

また、上述した第一実施形態においては、熱媒体供給部8が複数の冷却加熱部7に対する熱媒体の供給量をリニアに調整する場合について説明した。しかし、熱媒体の供給量は、段階的に調整可能としても良い。また、熱媒体供給部8は、熱媒体を断続的に供給可能として、冷却加熱部7に対する熱媒体の供給量を調整する構成としても良い。

さらに、各実施形態において、フランジ部20が大熱容量部である場合を一例に説明したが、大熱容量部は、フランジ部20に限られない。外側ケーシング3のうち部分的に熱

10

20

30

40

50

容量が大きい箇所であればよい。

【 0 1 0 1 】

さらに、上述した第一実施形態から第五実施形態や各変形例で示した構成は、適宜組み合わせて用いても良い。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 2 】

1	ロータ	
2	内側ケーシング	
3	外側ケーシング	
4	軸受部	10
5	シール部	
6	主蒸気供給部	
7, 207	冷却加熱部	
8	熱媒体供給部	
9	温度測定部	
10	温度制御部	
11	ロータ本体	
12	動翼	
13	第一蒸気流路	
14	静翼	20
15	内側蒸気入口	
16	内側排出口	
17	内側貫通部	
18	第二蒸気流路	
19	一般部	
20	フランジ部	
21	上半部	
22	下半部	
23	外側蒸気入口	
24	外側蒸気出口	30
25	貫通部	
26	上半フランジ部	
27	下半フランジ部	
28, 29	開口縁	
30, 31	合わせ面	
32	熱媒通路	
32A, 32B	第一熱媒通路	
33A, 33B	第二熱媒通路	
34	フランジ冷却加熱部	
35	フランジ部用熱媒通路	40
134	他のフランジ冷却加熱部	
135	他のフランジ部用熱媒通路	
40	ヒータ	
50	リブ	
100, 200, 300, 400, 500, 600	蒸気タービン	

【図1】

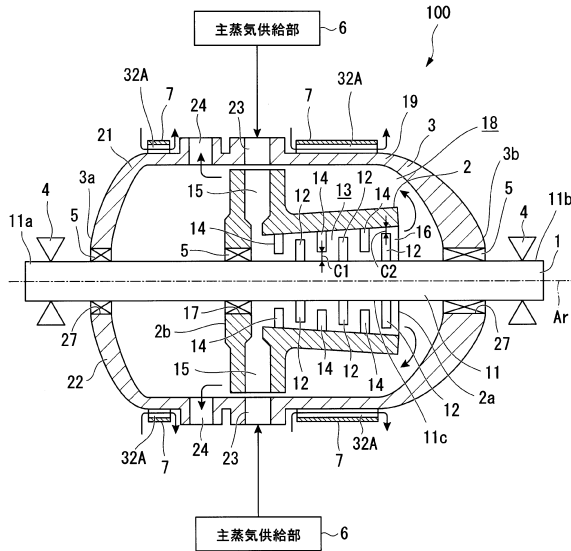


図1

【図2】

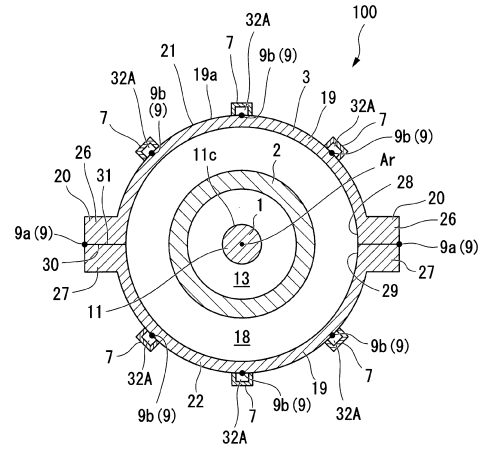


図2

【図3】

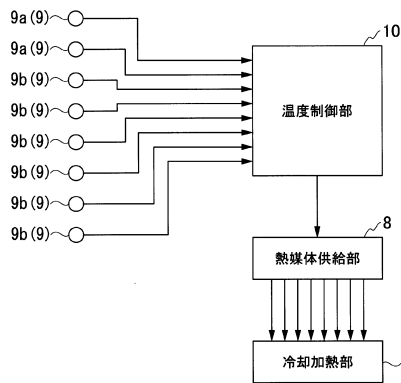


図3

【図4】

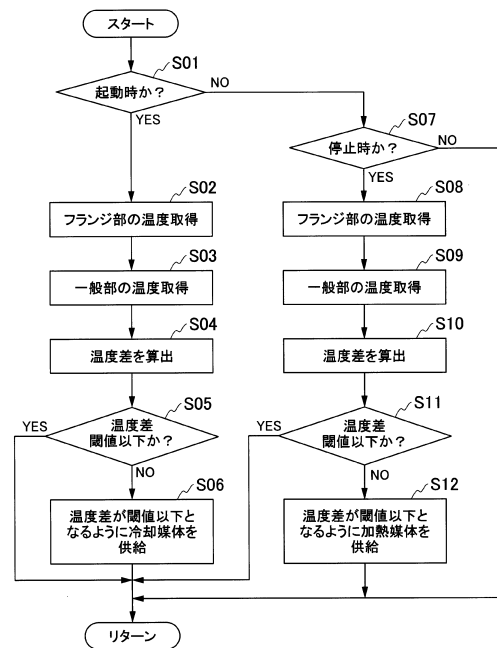


図4

【図9】

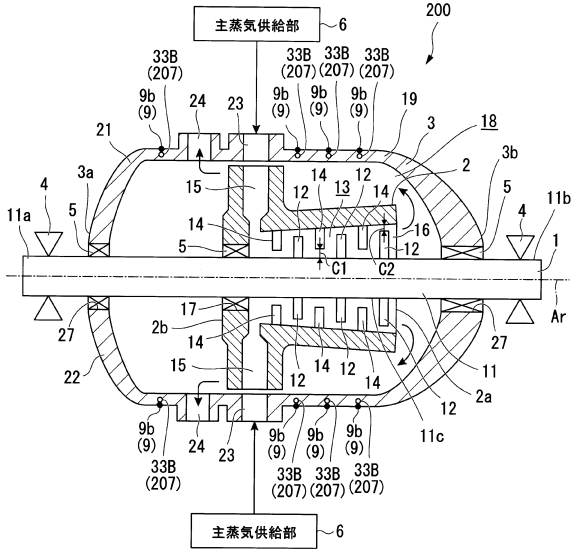


図9

【図10】

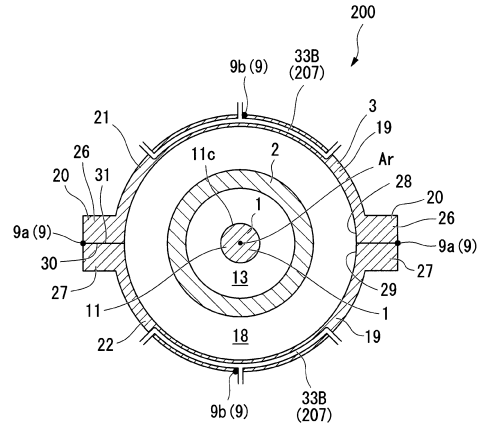


図10

【図11】

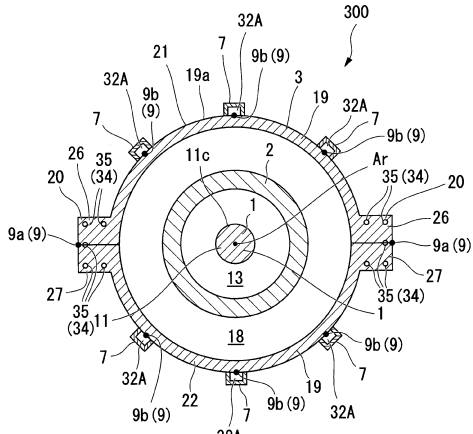


図11

【図12】

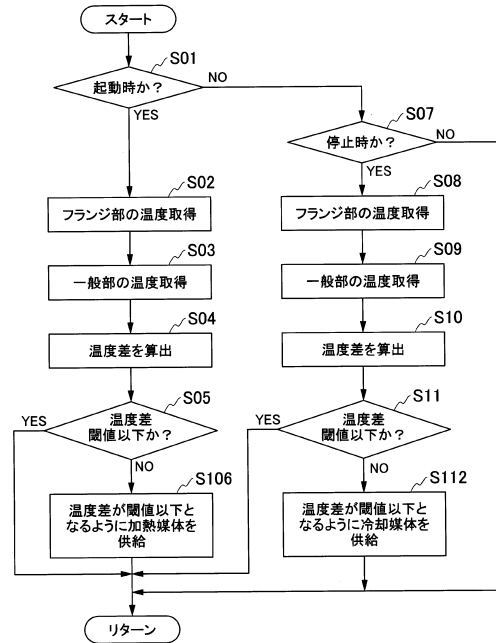


図12

【 図 13 】

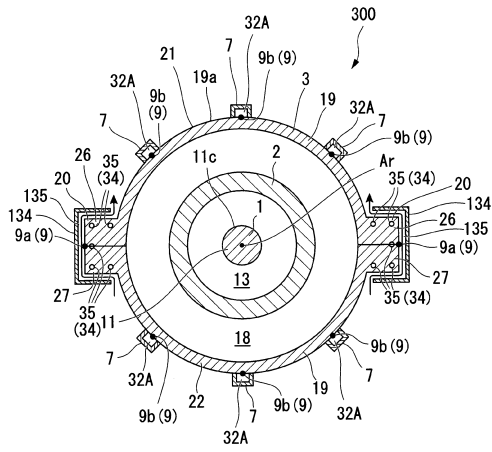


図13

【 図 14 】

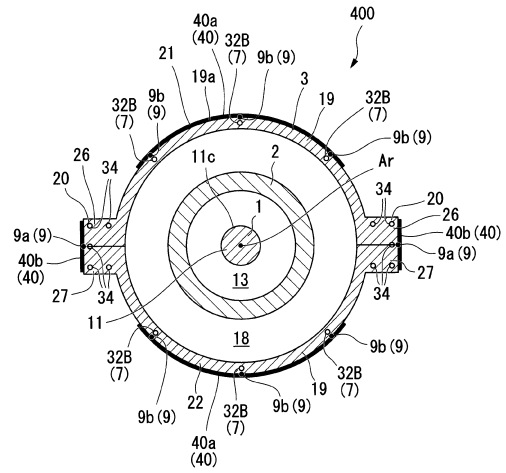


図14

【 図 15 】

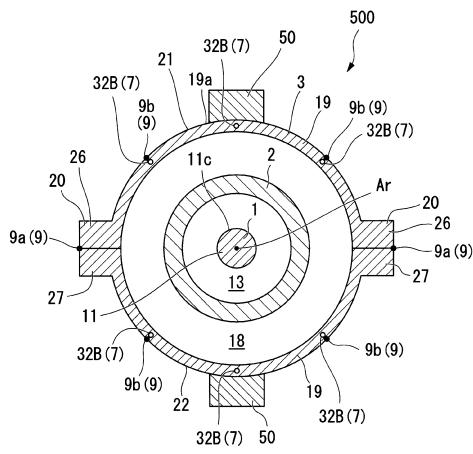


図15

【 図 16 】

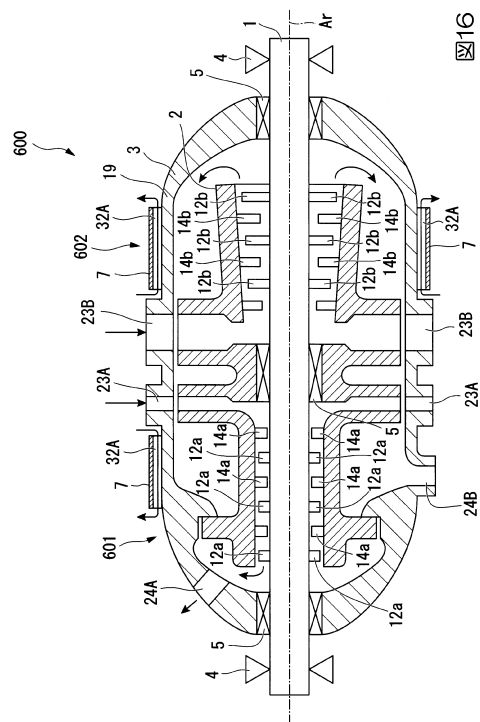


図16

フロントページの続き

- (74)代理人 100134544
弁理士 森 隆一郎
- (74)代理人 100064908
弁理士 志賀 正武
- (74)代理人 100108578
弁理士 高橋 詔男
- (74)代理人 100126893
弁理士 山崎 哲男
- (72)発明者 松村 卓美
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 上地 英之
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 梶下 秀昭
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内
- (72)発明者 繪上 涼
東京都港区港南二丁目16番5号 三菱重工業株式会社内

審査官 中村 大輔

- (56)参考文献 特開2001-271606(JP,A)
特開2012-107618(JP,A)
特開昭58-174106(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- | | |
|------|-------|
| F01D | 25/10 |
| F01D | 25/12 |
| F01D | 25/14 |
| F01D | 25/24 |
| F01D | 25/26 |