

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5400534号  
(P5400534)

(45) 発行日 平成26年1月29日(2014.1.29)

(24) 登録日 平成25年11月1日(2013.11.1)

(51) Int. Cl.		F I		
FO1K 25/10	(2006.01)	FO1K 25/10		D
FO1D 25/18	(2006.01)	FO1K 25/10		H
		FO1D 25/18		A

請求項の数 7 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2009-193695 (P2009-193695)	(73) 特許権者	000000974
(22) 出願日	平成21年8月24日 (2009. 8. 24)		川崎重工業株式会社
(65) 公開番号	特開2010-164043 (P2010-164043A)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号
(43) 公開日	平成22年7月29日 (2010. 7. 29)	(74) 代理人	100087941
審査請求日	平成24年8月21日 (2012. 8. 21)		弁理士 杉本 修司
(31) 優先権主張番号	特願2008-296578 (P2008-296578)	(72) 発明者	山下 誠二
(32) 優先日	平成20年11月20日 (2008. 11. 20)		兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	仮屋 大祐
(31) 優先権主張番号	特願2008-320969 (P2008-320969)		兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内
(32) 優先日	平成20年12月17日 (2008. 12. 17)	(72) 発明者	三宅 直樹
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 排熱回収タービンシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

作動媒体により駆動されるタービンと、

外部の熱源からの排熱との熱交換により前記作動媒体を蒸気化して前記タービンに供給する蒸発器と、前記タービンを通じた作動媒体を液化する凝縮器とを備え、

前記作動媒体が、ハイドロフルオロエーテル (HFE) およびフッ化アルコールの一群から選択された化合物を主媒体として含み、

前記作動媒体は、前記主媒体に、この主媒体と相溶性のあるフッ素油からなる潤滑油が混合されたものである排熱回収タービンシステム。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記主媒体は、沸点が - 24 ~ 60 の HFE である排熱回収タービンシステム。

【請求項 3】

請求項 2 において、前記主媒体である HFE の常圧における沸点が 30 を超えている排熱回収タービンシステム。

【請求項 4】

請求項 1 から 3 のいずれか一項において、前記主媒体は、炭素数が 2 ~ 4 の HFE である排熱回収タービンシステム。

【請求項 5】

請求項 1 において、HFE は、 $C_3F_7OCH_3$ 、 $C_4F_9OCH_3$ 、 $C_4F_9OC_2H_5$ 、およ

10

20

び  $C_6F_{13}OCH_3$  よりなる群から選択された化合物である排熱回収タービンシステム。

【請求項 6】

請求項 4 において、HFE は、 $CHF_2 - CF_2 - O - CH_2 - CF_3$  である排熱回収タービンシステム。

【請求項 7】

請求項 1 において、さらに、前記作動媒体を前記タービンの軸受に供給する供給通路を備えている排熱回収タービンシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、環境性および取扱性に優れた代替フロンを主媒体とする作動媒体で動作する排熱回収タービンシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、製鉄所や窯業などの製造過程で発生する 100 未満の温排水のような排熱を熱源とする排熱回収タービンシステムは、作動媒体として水以外の低沸点の媒体を用いることで、省エネルギーと併せて温暖化ガス削減を図るものとして注目されている。このようなタービンシステムでは、自然媒体であるアンモニアや、炭化水素、水よりも沸点が低い、代替フロンとしてのクロロフルオロカーボン (CFC)、ハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC) およびハイドロフルオロカーボン (HFC) などが、作動媒体として使用されている (特許文献 1)。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2002 - 161716

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、前記作動媒体のうち、自然媒体であるアンモニアや炭化水素は毒性や可燃性の点でその取扱いが難しい。また、合成媒体であるクロロフルオロカーボン (CFC) およびハイドロクロロフルオロカーボン (HCFC) はオゾン層を破壊し、地球温暖化係数 (GWP) も大きいなど環境性の点からその使用が難しい。ハイドロフルオロカーボン (HFC) はオゾン破壊係数 (ODP) がゼロで、オゾン層を破壊しないものの、地球温暖化係数がやや大きい。そこで、オゾン破壊係数 (ODP) がゼロであることに加えて、地球温暖化係数もさらに小さい、環境性の点でもより優れた媒体が要望されている。

30

【0005】

そこで、本件発明者らが鋭意検討した結果、まず、ハイドロフルオロエーテル (HFE) を見出した。この HFE は、住友スリーエム社から商品名ノベック 7000 として販売されているもの等があり、半導体や電子部品の洗浄用として専ら使用されており、これら用途に適した特性を有している。排熱回収タービンシステムは、半導体や電子部品の製造とはまったく異なる分野ではあるが、沸点や蒸発潜熱、さらには取扱い性、毒性等の観点から、HFE が排熱回収タービンシステムにも適合した媒体であることを見出した。HFE は潤滑性に乏しいが、これに潤滑油を混合することにより、容易に潤滑性を付与することも判明した。さらに、沸点や蒸発潜熱等で HFE に近い特性を持つフッ化アルコールも排熱回収タービンシステムに適合することが見出された。

40

【0006】

本発明は上記の研究を踏まえてなされたもので、環境性に優れ、かつ取扱性のよい代替フロンを主媒体として含む作動媒体で動作する排熱回収タービンシステムを提供することを目的としている。

50

## 【課題を解決するための手段】

## 【0007】

前記目的を達成するために、本発明に係る排熱回収タービンシステムは、作動媒体により駆動されるタービンと、外部の熱源からの排熱との熱交換により前記作動媒体を蒸気化して前記タービンに供給する蒸発器と、前記タービンを通過した作動媒体を液化する凝縮器とを備え、前記作動媒体が、ハイドロフルオロエーテル（HFE）およびフッ化アルコールの一群から選択された化合物を主媒体として含む。

## 【0008】

この構成によれば、HFEおよび3FEの一群から選択された化合物は常圧での沸点が概して低いので、これを主媒体として含む作動媒体は、蒸発器で熱源からの排熱との熱交換により容易に蒸気化できる。加えて、これらの化合物はオゾン破壊係数がゼロで、かつ地球温暖化係数も小さいことから、環境負荷が少なく環境性に優れ、毒性も弱いから取扱性もよい。

## 【0009】

本発明において、前記主媒体は、常圧における沸点（以下、単に「沸点」という場合、常圧での沸点を指す。）が $-24 \sim 60$ のHFEであるのが好ましい。このように、前記主媒体の沸点が $-24 \sim 60$ であることで、熱源から回収される通常の排熱レベルのみで主媒体を容易に蒸気化できる。

## 【0010】

本発明において、前記主媒体であるHFEの常圧における沸点が $30$ を超えているのが好ましい。

このように、HFEの沸点が $30$ を超えていると、凝縮器において、常温（約 $15 \sim 30$ ）の水で容易に液化できるので、システムが簡略化される。

## 【0011】

本発明において、前記主媒体は、炭素数が $2 \sim 4$ のHFEであるのが好ましい。HFEの炭素数が $2 \sim 4$ であると、常圧での沸点が水よりも低いので、熱源からの排熱が温水である場合、この温水との熱交換により前記HFEを容易に蒸気化させることができる。このようなHFEとして、例えば、 $C_3F_7OCH_3$ （HFE7000）、 $C_4F_9OCH_3$ （HFE7100）、 $C_4F_9OC_2H_5$ （HFE7200）および $C_6F_{13}OCH_3$ （HFE7300）がある。HFEは、 $CHF_2-CF_2-O-CH_2-CF_3$ （HFE-S7）であってもよい。

## 【0012】

本発明において、前記作動媒体は前記主媒体に、この主媒体と相溶性のある潤滑油、例えばフッ素油が混合されたものであるのが好ましい。こうすることで、主媒体自身が潤滑性を備えない場合であっても、主媒体に混合される潤滑油によって潤滑性を保持させることができるので、回転機械であるタービンに好適である。また、フッ素油からなる潤滑油が主媒体と相溶性があるので、蒸発器の液相で作動媒体の主媒体と潤滑油とが分離しにくく、蒸発器の液相の下部の任意箇所から潤滑油濃度が一定の作動媒体を取り出して、例えばタービンの潤滑対象部分の潤滑に使用できる。

## 【0013】

本発明において、さらに、潤滑油を含む作動媒体を軸受に供給する供給通路を備えているのが望ましい。これにより、潤滑性のある作動媒体は、タービン駆動のために使用される一方で、前記供給通路からタービンの軸受に対して直接供給されるので、別途、潤滑油のみの供給手段を設けることなく、軸受を良好に潤滑できる。

## 【0014】

この発明において、前記タービンの軸受に潤滑油を供給する潤滑系統と、前記タービンの回転軸の外周における前記軸受とタービンとの間をシールするシール部とを備え、前記潤滑系統が潤滑油を前記軸受に噴射する噴射部を有するのが望ましい。このようにすることで、軸受に対して噴射部から潤滑油を加圧状態で大量に強制的に噴射できるので、高速回転が必要で軸受の発熱が大きい場合にも、軸受の効果的な潤滑および冷却が可能になる。また、軸受とタービンとの間をシール部でシールしているから、潤滑油がタービン側に

10

20

30

40

50

漏れ出るおそれがないので、高い歩留まりで潤滑油を回収できるとともに、潤滑油がタービンの作動媒体に混入してタービンの熱効率を下げるのを回避できる。

【0015】

この発明において、前記タービンの軸受が、グリースを封入したグリース潤滑型であるのが望ましい。このようにすることで、噴射ポンプのような補機類が不要となり、グリース寿命のある限りメンテナンスが不要となる。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、HFEおよびフッ化アルコールの一群から選択された化合物は常圧での沸点が概して低いので、これを主媒体として含む作動媒体は、蒸発器で熱源からの排熱との熱交換により容易に蒸気化し、タービン通過後には凝縮器で容易に液化される。しかも、これらの化合物はオゾン破壊係数がゼロで、かつ地球温暖化係数も小さいことから、環境負荷が少なく環境性に優れ、毒性も弱いから取扱性もよい。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の第1実施形態にかかる排熱回収タービンシステムを示す概略構成図である。

【図2】本発明で用いる主媒体と他の媒体との特性比較表である。

【図3】本発明の第2実施形態にかかる排熱回収タービンシステムを示す概略構成図である。

【図4】噴射部の詳細を示す縦断面図である。

【図5】本発明の第3実施形態にかかる排熱回収タービンシステムを示す概略構成図である。

【図6】図5の軸受の詳細を示す縦断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下、本発明の好ましい実施形態について図面を参照しながら詳述する。図1は本発明の第1実施形態にかかる排熱回収タービンシステムの概略構成を示す。同図に示す排熱回収タービンシステムは、発電機10とこれを駆動するタービン13とを有するタービン発電ユニットUを備え、タービン13を回転駆動させる作動媒体Mを循環させる媒体通路30に、流下液膜式の蒸発器16、凝縮器17および媒体送給ポンプ18が設けられている。

【0019】

発電機10は、発電機ロータ11と発電機ステータ12とを有し、その両端にタービン13, 13が配置され、前記発電機ロータ11とタービン13, 13とが単一の回転軸21で連結されている。この回転軸21は、発電機10と2つのタービン13, 13との間に配置された2つの軸受19, 19により回転自在に支持され、これら各軸受19の下方には油槽25が設けられている。2つのタービン13, 13は互いに反対向きに配置されて、いわゆる鏡像型となっており、これによって、両タービン13, 13に作用する軸推力が相殺されて、スラスト軸受を省略もしくは簡便化している。したがって、各軸受19は、回転軸21の主としてラジアル荷重を負担する。

【0020】

熱源15は、例えば、製鉄所や窯業などの製造過程で多量に発生する温水等の排熱である。この熱源15から導出された温水は、加熱流体供給通路15aを通過して蒸発器16内の伝熱管16aに導入されたのち、伝熱管16aから加熱流体回収通路15bを通過して熱源15側へ戻される。

【0021】

蒸発器16は、伝熱管16aを通る温水との熱交換、つまり、熱源15の排熱との熱交換により作動媒体Mを蒸気化し、気相となった作動媒体Mを、気相媒体送給路30aを経由して前記タービン発電ユニットUに供給する。蒸発器16には、蒸発器16の下部と上

10

20

30

40

50

部との間を連通するように配置した循環通路 29 に循環ポンプ 27 が設けられ、この循環ポンプ 27 により蒸発器 16 の下部から取り出した液相の作動媒体 M を、蒸発器 16 内に部に配置した噴射管 26 の噴出口から蒸発器 16 内部にシャワー状に噴出して伝熱管 16 a に噴き付けることにより、熱交換を促進させる。

【 0 0 2 2 】

タービン発電ユニット U のタービン 13 を回転駆動させたのちの作動媒体 M は、気相媒体回収路 30 b を経由して凝縮器 17 に送られる。凝縮器 17 は、内部に冷却媒体 C の配管を通した公知の構造のものであり、気相の作動媒体 M を冷却媒体 C によって冷却することにより液化させる。

【 0 0 2 3 】

凝縮器 17 で液化された作動媒体 M は、液相媒体送給路 30 c を通る際に、この液相媒体送給路 30 c に設置された媒体送給ポンプ 18 により昇圧されて蒸発器 16 に供給される。前記気相媒体送給路 30 a、気相媒体回収路 30 b および液相媒体送給路 30 c により、循環経路である媒体通路 30 が形成されている。

【 0 0 2 4 】

各軸受 19 の下方には油槽 25 が設けられている。他方、前記循環ポンプ 27 の出口側には循環通路 29 から分岐する供給通路 20 が形成され、この供給通路 20 から循環ポンプ 27 により蒸発器 16 の下部から取り出した液相の作動媒体 M の一部が、各軸受 19 の下方の油槽 25 へ供給される。したがって、高圧の作動媒体 M が油槽 25 から軸受 19 に供給されて、潤滑が円滑になされる。また、前記供給通路 20 にはオリフィス等の絞りもしくは減圧弁からなる減圧器 28 が設けられており、減圧によって液相の作動媒体 M の一部を蒸発させることにより、潤滑油濃度を向上させるとともに、蒸発潜熱で作動媒体 M の温度を低下させている。

【 0 0 2 5 】

各軸受 19 と凝縮器 17 との間、具体的には各油槽 25 と前記凝縮器 17 の入口との間は、軸受 19 から排出される液相の作動媒体 M を凝縮器 17 に戻す戻し通路 23 によって接続されている。この戻し通路 23 から凝縮器 17 に戻された液相の作動媒体 M は、気相媒体回収路 30 b を通った作動媒体 M に、凝縮器 17 内で合流する。

【 0 0 2 6 】

前記作動媒体 M の主媒体としては、例えば、HFE (ハイドロフルオロエーテル)、つまり、一般式  $C_n H_{2n+1} - O - C_m H_{2m+1}$  の H を一部 F で置換したもの、またはフッ化アルコール、つまり、 $C_n H_{2n+1} - OH$  の OH 以外の H を一部 F で置換したものをを用いる。

【 0 0 2 7 】

主媒体としては、炭素 C の数が 2 ~ 4 である HFE が好ましい。HFE の炭素数が 2 ~ 4 であると、常圧での沸点が水よりも低いので、熱源 15 からの排熱が 100 以下の温水であっても、この温水との熱交換により前記 HFE を容易に蒸気化させることができる。

【 0 0 2 8 】

前記主媒体は、沸点が - 24 ~ 60 、より望ましくは 30 を越え 60 以下のものが好ましい。沸点が 60 以下であれば、熱源 15 から回収される比較的低温の排熱を利用して主媒体を蒸気化できる。30 を越えていれば、常圧 (大気圧)、常温 (約 15 ~ 30 ) の水で凝縮できて容易に液化可能となり、システムの簡略化が図れる。

【 0 0 2 9 】

沸点が - 24 ~ 60 の条件を満足する HFE として、例えば  $C_3 F_7 O C H_3$  (HFE 7000) や  $C H F_2 - C F_2 - O - C H_2 - C F_3$  がある。 $C_3 F_7 O C H_3$  (HFE 7000) の具体例として、住友スリーエム社の商品名ノベック 7000 (沸点 34 ) があり、 $C H F_2 - C F_2 - O - C H_2 - C F_3$  の具体例として、ダイキン工業株式会社の商品名 HFE - S7 および旭硝子社の商品名アサヒクリン AE - 3000 (ともに、沸点 56 . 7 、ODP = 0、GWP = 870) がある。さらに、炭素数が 2 の  $C F_3 O C H_3$  (HFE - 143

10

20

30

40

50

m c、沸点 - 24 )、炭素数が3の $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{OCH}_3$  (HFE - 245 m c、沸点 5.5 )、および $\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCH}_3$  (HFE - 254 p c、沸点 37.2 )、炭素数が4の $\text{CHF}_2\text{CF}_2\text{OCH}_2\text{CF}_3$  (HFE - 347 p c - f、沸点 56 )、 $(\text{CF}_3)_2\text{CFOCH}_3$  (HFE - 347 m m y、沸点 29.4 )、および $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{CF}_2\text{OC}_2\text{H}_5$  (HFE - 347 m c c、沸点 34.2 )がある。

【0030】

この他、主媒体の沸点が60 を超え、また、炭素Cの数が5~7個である場合であっても、前記熱源15からの排熱温度が主媒体の沸点を上回る場合には使用できる。このような主媒体として、沸点61 の $\text{C}_4\text{F}_9\text{OCH}_3$  (HFE7100)、76 の $\text{C}_4\text{F}_9\text{OC}_2\text{H}_5$  (HFE7200) および98 の $\text{C}_6\text{F}_{13}\text{OCH}_3$  (HFE7300) がある。

10

【0031】

主媒体としては、前述のとおり、フッ化アルコールも使用でき、例えば、一般式 $\text{C}_n\text{H}_{2n-1}\text{OH}$ のOH以外のHを一部Fで置換した3FE (3フッ化アルコール) が好ましい。3FEは常圧での沸点が74 で、弱い可燃性があるものの、オゾン破壊係数ODPがゼロで、地球温暖化係数GWPも小さい。

【0032】

このように、本発明では、主媒体として、オゾン破壊係数ODPがゼロで、かつ地球温暖化係数GWPも小さいことから環境負荷が少なく環境性に優れ、毒性がないから取扱性もよい媒体を用いるので、蒸発器16で排熱との熱交換により容易に蒸気化し、しかもタービン13を通過後には凝縮器17で容易に液化させることができる。

20

【0033】

ここで、前記HFE (ハイドロフルオロエーテル) で代表される媒体が排熱回収タービンシステムの主媒体として適している理由を、図2に示す媒体の特性比較表を参照しながら説明する。図2には、CFC (クロロフルオロカーボン)、HCFC (ハイドロクロロフルオロカーボン)、HFC (ハイドロフルオロカーボン)、HFEおよび3FE (3フッ化アルコール) を例示した。

【0034】

この特性比較表から明らかなように、HFE7000~7300は、いずれもエーテル化合物中の酸素Oの存在により大気中で分解し、オゾン破壊係数ODP=0であるためオゾン層を破壊しないうえ、地球温暖化係数GWPも370以下であるため、環境性に優れており、毒性もない。したがって、総合評価から明らかなように、主媒体として優れている(印または印)このうち、HFE7000は沸点60 以下であるから、蒸気化し易い点で極めて優れている(印)。3FEは、前述のとおり、オゾン破壊係数ODP=0、地球温暖化係数GWP=57と環境性に優れているが、弱い可燃性があるため取扱いに注意を要するので、総合評価はHFEよりも若干低い(○印)。これに対し、CFC、HCFCは環境性および毒性の点で劣っている(×印)。HFCは、環境性は比較的良好であるが、毒性があるので、総合評価はHFEよりも低い(印)。

30

【0035】

その他に、比較表に例示しないが、HFEと同様に環境性に優れた媒体としてHFO (ハイドロフルオロオレフィン) があり、これも主媒体として使用できる。HFOとして、例えばHFO-1234yf (化学式 $\text{CF}_3\text{CF}=\text{CH}_2$ ) がある。

40

【0036】

ところで、主媒体として用いるHFEは、温暖化係数が小さく、オゾン層を破壊することがない優れた媒体である反面、潤滑性を有しない。そこで、この実施形態では、HFEにフッ素油からなる潤滑油を混合することで、作動媒体Mに潤滑性を与えている。

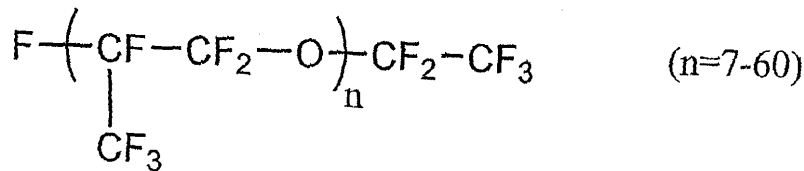
【0037】

主媒体に混合される潤滑油としては、潤滑油の基油もしくは添加物の末端が一部もしくは全部、フッ素で封鎖された重合構造の、つぎの化学式で示されるフッ素油などが挙げられている。

【0038】

50

【化1】

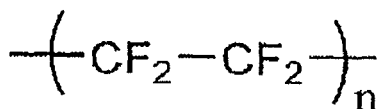


【0039】

もしくは、

【0040】

【化2】



【0041】

前者には、例えばデュポン社製の商品名クライトックスがある。このフッ素油は、前記したHFEのような主媒体との相溶性が良好なもので、液相状態で主媒体とフッ素油が分離しない。

【0042】

上記構成にかかる排熱回収タービンシステムの動作について図1を参照しながら説明する。熱源15から排熱として導出された温水が、加熱流体供給通路15aから蒸発器16に導入され、蒸発器16内の作動媒体Mが、導入された温水との熱交換により、つまり、熱源15からの受熱により蒸気化されて、例えば4気圧程度の高圧の気相となる。一方、潤滑油は蒸発しにくいので、蒸発器16の下部に高い潤滑油濃度で液相の作動媒体Mとして残る。

【0043】

気相となった作動媒体Mは、蒸発器16の上部から取り出され、気相媒体送給路30aを通過してタービン発電ユニットUの一对のタービン13, 13に供給され、両タービン13, 13を駆動する。これにより、タービン13と回転軸21で連結された発電機10が駆動されて発電が行われる。タービン13でエネルギーを放出した作動媒体Mは気相媒体回収路30bを通過して凝縮器17に入り、冷却媒体Cとの熱交換によって冷却されて凝縮される。こうして、液相となった作動媒体Mが液相媒体送給路30cを通り、媒体送給ポンプ18により昇圧されて蒸発器16へ戻る。

【0044】

一方、前記蒸発器16の下部に残された潤滑油濃度の高い液相の作動媒体Mは、供給通路20によりタービン発電ユニットUの軸受19の油槽25に供給される。その際、作動媒体Mは、供給通路20に設けた減圧器28により冷却される。この実施形態における供給通路20に、減圧器28に代えて、または減圧器28に加えて、冷却器を設けてもよい。循環通路29の循環ポンプ27出口側から油槽25に供給された液相の作動媒体Mは、潤滑油を多量に含んだ潤滑油濃度の高い作動媒体であり、タービン発電機の回転時、軸受19は常時、この潤滑油濃度の高い液相の作動媒体Mにより良好に潤滑される。このように、潤滑油濃度が高い作動媒体Mにより軸受19を潤滑できるので、潤滑性を高めるために大量の潤滑油を作動媒体に混合する必要がないから、蒸発器16や凝縮器17の伝熱性を阻害することもない。

【0045】

10

20

30

40

50

油槽 25 には軸受 19 の潤滑に必要な量の作動媒体 M があれば足り、余剰分は油槽 25 から戻り通路 23 に排出され、この戻り通路 23 から前記凝縮器 17 へ戻される。したがって、作動媒体 M が系外へ排出されて周辺環境に影響を及ぼすことはなく、閉鎖系システムの中で循環して利用される。作動媒体 M は、軸受 19 での昇温により一部が気相となることがあり、その場合は、液相と気相が混じった作動媒体 M が戻り通路 23 を通って凝縮器 17 に入る。ここで、凝縮器 17 の入口は常圧程度であるから、若干高圧となっている油槽 25 から凝縮器 17 に円滑に作動媒体 M が回収される。特に、この実施形態の場合、循環ポンプ 27 が蒸発器 16 内の液位に応じて流量が変動する媒体送給ポンプ 18 とは異なり、流量一定で運転されるので、この循環ポンプ 27 の出口から分岐した供給通路 20 から潤滑油濃度の濃い液相の作動媒体 M を軸受 19 に安定した量で供給することができる利点がある。なお、戻り通路 23 の下流端は、凝縮器 17 の入口に代えて媒体回収路 30 b に接続してもよい。

10

## 【0046】

また、この実施形態では、供給通路 20 に設けた減圧器 28 により、作動媒体 M の一部が蒸発して作動媒体 M の潤滑油濃度が高められ、かつ蒸発潜熱による温度低下によって作動媒体 M 中の潤滑油の粘度が上がるので、良好な潤滑性能が維持される。

## 【0047】

以上のように、潤滑性のある作動媒体 M は、タービン駆動のために使用される一方で、前記供給通路 20 からタービン 13 の軸受 19 に対して直接供給されるので、軸受 19 が良好に潤滑される。

20

## 【0048】

なお、上記実施形態ではタービン 13 により発電機 10 を駆動しているが、タービン 13 によりプラント類のポンプのような他の負荷を駆動するシステムにも、本発明を適用できる。

## 【0049】

図 3 は本発明の第 2 実施形態にかかる排熱回収タービンシステムを示す。この第 2 実施形態において、図 1 に示す第 1 実施形態と同一部分には同一の符号を付してその詳しい説明を省略する。前記第 1 実施形態では、図 1 に示したように、潤滑油 L が混入された作動媒体 M をタービン 13 の軸受 19 に供給する供給通路 20 を備えているのに対し、図 3 の第 2 実施形態では、潤滑油を含まない作動媒体 M 1 を用い、前記供給通路 20 に代えて、タービン 13 の軸受 19 に潤滑油 L を貯留する潤滑系統 40 を新たに設けている。この潤滑系統 40 は、潤滑油 L を貯留する潤滑油溜まり 41 と、この潤滑油溜まり 41 と軸受 19、19 に潤滑油 L を噴射する噴射部 33 との間を接続する潤滑油供給通路 42 と、潤滑油 L を加圧して噴射部 33 に送る噴射ポンプ 43 とを有している。噴射部 33 から軸受 19、19 に噴射された潤滑油 L は戻し通路 35 により潤滑油溜まり 41 に戻され、繰り返し利用されるようになっている。

30

## 【0050】

図 4 は噴射部 33 の詳細を示す。同図に示すように、左右一対の軸受 19、19 の間に、回転軸 21 に固定された内輪間座 36 と、ハウジング H に固定された外輪間座 37 とが配置されており、外輪間座 37 に噴射ノズル 38 が設けられている。この噴射ノズル 38 は、中央の流入口 38 a と、流入口 38 a から分岐して左右の軸受 19、19 に向かう噴射通路 38 b とを有し、噴射通路 38 b の先端は、軸受 19 の内輪 19 a と外輪 19 b との間の軸受空間 19 c に向けられており、この軸受空間 19 c を通して転動体 19 d に潤滑油 L が吹き付けられる。ハウジング H には、潤滑油 L を噴射部 33 に供給する潤滑油供給通路 42 の下流部と、潤滑油 L の戻し通路 35 の上流部とが形成されている。前記噴射ノズル 38 は、各軸受 19、19 ごとに 1 ~ 2 本設けられる。

40

## 【0051】

タービン 13 の回転軸 14 の外周における軸受 19 とタービン 13 との間に、両者 19、13 間をシールするシール部 39 が設けられ、同様に、発電機 10 (図 3) のロータ 11 の外周における軸受 19 と発電機 10 との間にもシール部 39 が設けられている。シー

50

ル部 39 は、ハウジング H に固定されて回転軸 14 の外周面との間にラビリンズシールを形成するシールリングにより構成されている。

【0052】

この第 2 実施形態の場合、図 3 に示すように、潤滑油溜まり 41 からの潤滑油 L は潤滑油供給通路 42 を通って噴射部 33 から高速の噴流として噴射され、軸受 19、19 の潤滑が行われる。したがって、高速回転が必要で軸受の発熱が大きい場合にも、軸受 19 を効果的に潤滑し、かつ冷却できる。また、軸受 19 の両側にシール部 39、39 を設けたことで、軸受 19 の潤滑に用いる潤滑油 L がタービン 13 側およびロータ 11 側に漏れ出るおそれがなく、高い歩留まりで潤滑油 L の回収ができる。さらに、潤滑油 L がタービン 13 の作動媒体 M に混入してタービン 13 の熱効率を下げるのを回避できる。

10

【0053】

図 5 は本発明の第 3 実施形態にかかる排熱回収タービンシステムを示す。この第 3 実施形態では、タービン 13 の軸受 19 に代えて、グリース G を封入したグリース潤滑型の軸受 19B を用いている。

【0054】

図 6 は軸受 19B の詳細を示す。同図に示すように、この軸受 19B は軸受外輪 19Ba と軸受内輪 19Bb との間に転動体 19Bd が保持器 19Bc により転動可能に保持され、前記保持器 19Bc の軸方向外側に一对の封止板 19Be、19Be が設けられている。封止板 19Be の上端は前記軸受外輪 19Ba の内周面に設けた溝に係合し、封止板 19Be の下端は、回転軸 21 と一体に回転する軸受内輪 19Bb の回転に支障がない程度に、僅かな隙間 h を残して軸受内輪 19Bb の外周面に近接している。前記軸受外輪 19Ba、軸受内輪 19Bb および一对の封止板 19Be、19Be で囲まれた軸受空間内にゲル状のグリース G が封入され、転動体 19Bd は常にグリース G に浸漬された状態となっている。グリース G は一定の粘度を保有し、かつその表面張力により、前記隙間 h から外部へ漏れ出るおそれがなく、軸受 19B はグリース G の潤滑特性などの寿命がある限り、常に安定して潤滑される。

20

【0055】

軸受 19B は図 4 に示した第 2 実施形態と同様に 2 つ並べてもよい。また、前記第 2 実施形態と同様に、図 5 の軸受 19B と、タービン 13 および発電機 10 との間をシールするシール部を設けて、グリース G がタービン 13 側や発電機 10 側に漏れ出ないようにしてもよい。

30

【0056】

この第 3 実施形態の場合、第 1 実施形態で用いた供給通路 20 や、第 2 実施形態で用いた潤滑油供給通路 42 および噴射ポンプ 43 のような補機類が不要となるため、構造の簡素化が図れて、グリース寿命のある限りメンテナンスも不要となる。

【0057】

以上のとおり、図面を参照しながら好適な実施形態を説明したが、当業者であれば、本件明細書を見て、自明な範囲内で種々の変更および修正を容易に想定するであろう。したがって、そのような変更および修正は、添付の特許請求の範囲から定まるこの発明の範囲内のものと解釈される。

40

【符号の説明】

【0058】

- C 冷却媒体
- G グリース
- M 作動媒体
- L 潤滑油
- U タービン発電ユニット
- 10 発電機
- 13 タービン
- 15 熱源

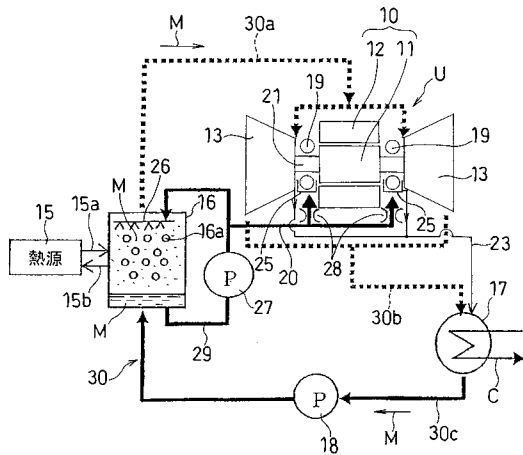
50

- 1 6 蒸発器
- 1 6 a 伝熱管
- 1 7 凝縮器
- 1 8 媒体供給ポンプ
- 1 9 軸受
- 1 9 B グリース封入型軸受
- 2 0 供給通路
- 2 6 噴射管
- 2 7 循環ポンプ
- 2 8 減圧器
- 2 9 循環通路
- 3 0 媒体通路
- 3 0 a 気相媒体供給路
- 3 0 b 気相媒体回収路
- 3 0 c 液相媒体供給路
- 3 5 戻し通路
- 3 9 シール部
- 4 0 潤滑系統
- 4 1 潤滑油溜まり
- 4 2 潤滑油供給通路
- 4 3 噴射ポンプ

10

20

【図 1】



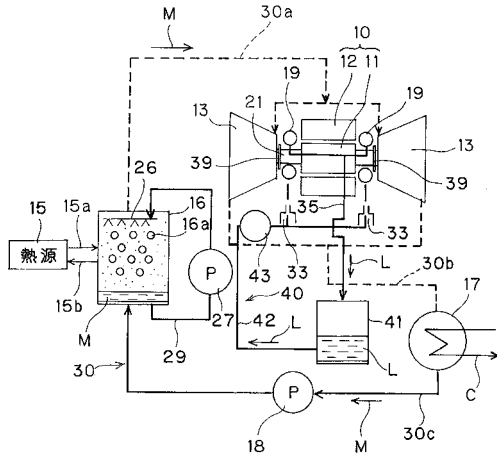
- 10 : 発電機
- 13 : タービン
- 15 : 熱源
- 16 : 蒸発器
- 17 : 凝縮器
- 18 : 媒体供給ポンプ
- 19 : 軸受
- 20 : 供給通路
- U : タービン発電ユニット
- M : 作動媒体

【図 2】

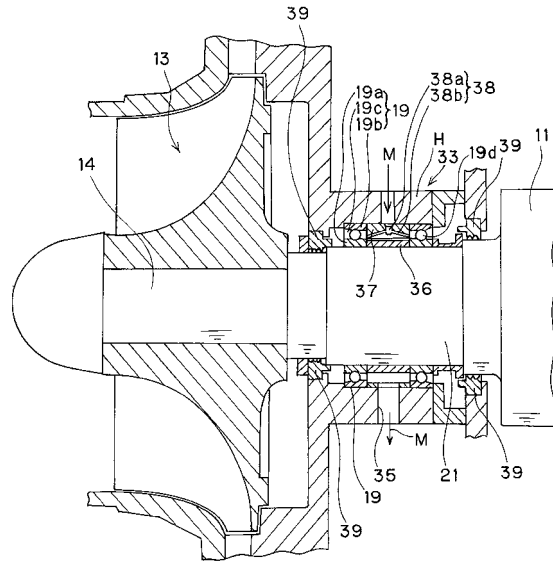
媒体の種類 化学式	HFC123 CH <sub>2</sub> (Cl)CF <sub>3</sub>	HFC245fa CHF <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CF <sub>3</sub>	HFE7000 C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> OCH <sub>3</sub>
環境性	オゾン層破壊 (ODP=0.02)	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数や大 (GWP=950)	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数小 (GWP=370)
取扱い	x (毒性)	x (毒性)	○
常圧での沸点	24℃	15℃	34℃
総合評価	x	△	◎

媒体の種類 化学式	HFE7100 C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> OCH <sub>3</sub>	HFE7200 C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> OCH <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	HFE7300 C <sub>6</sub> F <sub>13</sub> OCH <sub>3</sub>	3FE C <sub>3</sub> F <sub>7</sub> H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>
環境性	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数小 (GWP=320)	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数小 (GWP=55)	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数小 (GWP=200)	オゾン層破壊しない (ODP=0) 温暖化係数小 (GWP=57)
取扱い	○	○	○	△ (燃焼性)
常圧での沸点	6.1℃	7.6℃	9.8℃	7.4℃
総合評価	○	○	○	○

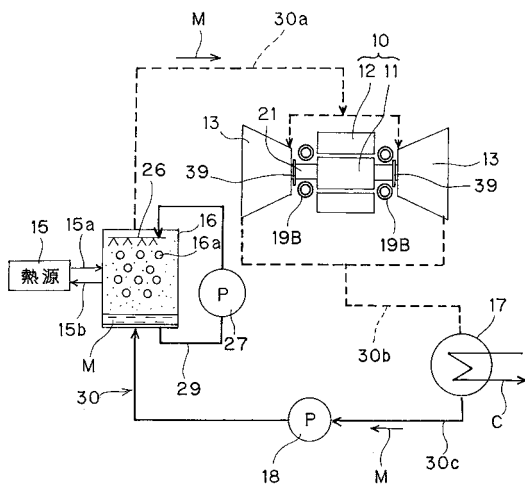
【図3】



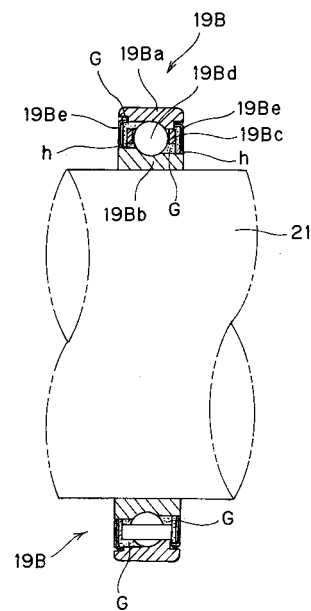
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 清水 元  
兵庫県神戸市中央区東川崎町3丁目1番1号 川崎重工業株式会社内
- (72)発明者 奥村 雄志  
兵庫県明石市川崎町1番1号 川崎重工業株式会社内

審査官 稲葉 大紀

- (56)参考文献 特開2005-264863(JP,A)  
特表2007-503546(JP,A)  
国際公開第2007/105724(WO,A1)  
国際公開第2006/131759(WO,A1)  
特開昭63-144737(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
- |      |       |
|------|-------|
| F01K | 25/10 |
| F01D | 25/18 |