

明 細 書

発明の名称：ターボ冷凍機

技術分野

[0001] 本発明は、地球温暖化係数（GWP）およびオゾン破壊係数（ODP）が共に低いR1233zd（E）冷媒を用いて環境負荷を軽減したターボ冷凍機に関するものである。

背景技術

[0002] ターボ冷凍機では、現在、R134a等のHFC冷媒が使用されている。このHFC冷媒は、オゾン破壊係数（ODP）が0であるものの、地球温暖化係数（GWP）が高いことが知られている。また、ターボ冷凍機では、軸受交換、潤滑油交換、油フィルタ交換等のための定期的なメンテナンスが必須であり、その際、冷凍サイクル内の冷媒を回収してメンテナンスを行うようにしているものの、冷凍機内から回収が不可能な冷媒や、潤滑油に溶け込んでいる冷媒があり、一部の冷媒が大気に放出される場合がある。これは、法規上特に問題はないものの、地球温暖化の観点から好ましいことではない。

[0003] 一方、一部ターボ冷凍機において、オイルレス化によって潤滑油系統を省略するとともに、圧縮機の高回転化による高圧縮比化や吸込風量の増加、モータの高回転化によるモータ小型化や軸受損失の低減、構成要素の簡易化による信頼性の向上やコスト低減等のため、インペラー（羽根車）の回転軸をモータに直結した圧縮機のモータ直結構造化を採用するとともに、その回転軸を磁気軸受で支持するようにしたものが提供されている（例えば、特許文献1，2参照）。しかし、多くのターボ冷凍機では、未だモータ軸により増速歯車を介してインペラー回転軸を駆動する構成としたものが多い。この場合、増速歯車を冷却・潤滑するための潤滑油系統が必須となり、潤滑油の交換や油フィルタの交換等のメンテナンスは避けられない。

[0004] こうした中、最近、GWPが5以下、ODPが0.00031で共に低く

、飽和温度が18℃以下で負圧となる特性を有するR1233zd(E)冷媒が注目されている。このR1233zd(E)冷媒は、低圧冷媒で密度が低く、従来、主にウレタン発泡剤として使用されていたものであるが、環境負荷を軽減できることから、HCF O(ヒドロクロロフルオロオレフィン)冷媒の1つとして、冷凍機への適用が検討されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第2809346号公報

特許文献2：特開2013-122331号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 特に、低GWP冷媒として注目を浴びているHCF O冷媒の1つであるR1233zd(E)冷媒は、GWP、ODPがともに低く、環境負荷低減にとって好ましいものである一方、低圧冷媒であり、しかも密度が低い(R134a冷媒に対して5分の1程度)ことから、スクロール式やロータリ式等の容積型圧縮機を採用している冷凍機や空調機あるいはヒートポンプでは、能力の確保が困難であり、採用が難しいと考えられていた。

[0007] しかるに、遠心式の圧縮機であるターボ圧縮機は、大流量の冷媒圧縮に適しているとの特長を有する。発明者らは、かかる点に着目し、ターボ圧縮機を搭載した冷凍機に適用することにより、低圧冷媒であって密度が低く、飽和温度が18℃以下で負圧となる等のR1233zd(E)冷媒の特性を活かせるのではないかと考え、検討を重ねた結果、特定の構造を有するターボ圧縮機を備えたターボ冷凍機に適用することにより、R1233zd(E)冷媒の特性を活かして環境負荷を軽減し得るターボ冷凍機を提供できる可能性を見出した。

[0008] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、オイルレス化によりメンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を低減し、低圧冷

媒で飽和温度が18℃以下で負圧となるR1233zd(E)冷媒の特性を活かして環境負荷を軽減し得るターボ冷凍機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

[0009] 本発明の第1態様にかかるターボ冷凍機は、ターボ圧縮機、凝縮器、減圧装置および蒸発器が順次配管を介して接続されることにより閉サイクルの冷凍サイクルが構成され、そのサイクル内に冷媒が充填されているターボ冷凍機において、前記冷媒が、地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒であるR1233zd(E)冷媒とされ、前記ターボ圧縮機が、インペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とされとともに、前記回転軸を支持する軸受が、磁気軸受とされている。

[0010] この構成によれば、冷媒を地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒であるR1233zd(E)冷媒となし、ターボ圧縮機をインペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とするとともに、その回転軸を支持する軸受を磁気軸受としているため、増速歯車での動力損失や転がり軸受等での軸受損失を低減して、大流量の冷媒の圧縮に適しているターボ圧縮機の一層の高回転化を可能とすることによって、低圧冷媒であって密度が低く、また従来のHFC冷媒と比較すると音速が高いため、能力の確保が難しいとされていたR1233zd(E)冷媒の弱点をカバーすることができるとともに、油による潤滑を必要とする増速歯車や転がり軸受等を省いてオイルレス化することにより、潤滑油や油フィルタの交換等の潤滑油システムのメンテナンスを省略化することができる。従って、低圧冷媒であって密度が低いR1233zd(E)冷媒を適用しても所要の能力を確保することができる。また、メンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を低減して飽和温度が18℃以下で負圧となる冷媒の特性を活かし、冷媒の大気への放出を防止することによって環境負荷を軽減することができるとともに、潤滑油システムを省略化して構成をシンプル化し、低コストで信頼性の高いターボ冷凍機を提供することができる。

[0011] 本発明の第2態様にかかるターボ冷凍機は、ターボ圧縮機、凝縮器、減圧

装置および蒸発器が順次配管を介して接続されることにより閉サイクルの冷凍サイクルが構成され、そのサイクル内に冷媒が充填されているターボ冷凍機において、前記冷媒が、地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒である R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒とされ、前記ターボ圧縮機が、インペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とされとともに、前記回転軸を支持する軸受が、オイルレスのセラミック材製軸受とされている。

[0012] この構成によれば、冷媒を地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒である R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒となし、ターボ圧縮機をインペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とするとともに、その回転軸を支持する軸受をオイルレスのセラミック材製軸受としているため、増速歯車での動力損失や転がり軸受等での軸受損失を低減して、大流量の冷媒の圧縮に適しているターボ圧縮機の一層の高回転化を可能とすることによって、低圧冷媒であって密度が低く、また従来の H F C 冷媒と比較すると音速が高いため、能力の確保が難しいとされていた R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒の弱点をカバーすることができるとともに、セラミック材製軸受を用い、油による潤滑を必要とする増速歯車を省いてオイルレス化することにより、潤滑油の交換や油フィルタの交換等のメンテナンスを省略化することができる。従って、低圧冷媒で密度が低い R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒を適用しても所要の能力を確保することができる。また、メンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を大幅に低減して飽和温度が 1 8℃以下で負圧となる冷媒の特性を活かし、冷媒の大気への放出を防止することによって環境負荷を軽減することができるとともに、潤滑油系統を省略化して構成をシンプル化し、低コストで信頼性の高いターボ冷凍機を提供することができる。

[0013] 上記の第 2 態様にかかるターボ冷凍機において、前記軸受の軸受箱および前記モータのエアギャップ部に対して、前記冷凍サイクル側から液冷媒が冷却・潤滑媒体として循環可能に構成されている。

[0014] この構成によれば、軸受の軸受箱およびモータのエアギャップ部に対して、冷凍サイクル側から液冷媒が冷却・潤滑媒体として循環可能に構成されているため、セラミック材製とされた軸受を液冷媒で冷却・潤滑することにより、その耐久性を向上することができるとともに、高回転化されるモータを液冷媒で冷却することにより冷却性能を確保し、その熱ロスやモータの温度過上昇による保護停止を抑止することができる。従って、オイルレス化しても軸受やモータを十分冷却・潤滑することができ、その耐久性や性能を向上した高性能で信頼性の高い、しかも環境負荷の小さいターボ冷凍機を提供することができる。

[0015] 上記の第2態様にかかるターボ冷凍機において、前記モータのエアギャップ部に対して、前記液冷媒に替えて低圧ガス冷媒が供給可能とされている。

[0016] この構成によれば、モータのエアギャップ部に対し、液冷媒に替えて低圧ガス冷媒が供給可能とされているため、冷却媒体として低圧ガス冷媒を供給することにより、液冷媒を供給した場合に比べ、モータによる攪拌損失を低減することができる。従って、モータを十分冷却して熱ロス等を低減することができるとともに、攪拌損失を更に低減してモータ効率を高め、より高回転化することができる。

[0017] 上述の第2態様にかかるターボ冷凍機において、前記モータのステータ内周面、ロータ外周面またはロータ端面に設けられているバランスリングの外周面の少なくともいずれか1箇所以上に、前記モータのエアギャップ部に供給された前記液冷媒または低圧ガス冷媒をその軸方向外側に流通する螺旋溝が設けられている。

[0018] この構成によれば、モータのステータ内周面、ロータ外周面あるいはロータ端面に設けられているバランスリングの外周面の少なくともいずれか1箇所以上に、モータのエアギャップ部に供給された液冷媒または低圧ガス冷媒をその軸方向外側に流通する螺旋溝が設けられているため、エアギャップ部に供給された冷媒を螺旋溝によりその軸方向外側に流通させ、速やかに排出することができる。従って、冷媒によるモータの冷却効果をより向上するこ

とができるとともに、冷媒を攪拌することによるモータの風損を低減し、モータの効率を一層高めることができる。

発明の効果

[0019] 本発明によると、増速歯車での動力損失や転がり軸受等での軸受損失を低減して、大流量の冷媒の圧縮に適しているターボ圧縮機の一層の高回転化を可能とすることにより、低圧冷媒であって密度が低く、また従来のHFC冷媒と比較すると音速が高いため、能力の確保が難しいとされていたR1233zd(E)冷媒の弱点をカバーすることができるとともに、油による潤滑を必要とする増速歯車や転がり軸受をなくし、あるいはセラミック材製軸受を用いてオイルレス化することによって、潤滑油や油フィルタの交換等のメンテナンスを省略化することができる。また、メンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を大幅に低減して飽和温度が18℃以下で負圧となる冷媒の特性を活かし、冷媒の大気への放出を防止することによって環境負荷を軽減することができるとともに、潤滑油系統を省略化して構成をシンプル化し、低コストで信頼性の高いターボ冷凍機を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の第1実施形態に係るターボ冷凍機の構成図である。

[図2]上記ターボ冷凍機に適用するターボ圧縮機の概略構成図である。

[図3]本発明の第2実施形態に係るターボ圧縮機の概略構成図である。

[図4]図3に示すターボ圧縮機の駆動モータの部分拡大図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下に、本発明にかかる実施形態について、図面を参照して説明する。

[第1実施形態]

以下、本発明の第1実施形態について、図1および図2を用いて説明する。

図1には、その第1実施形態に係るターボ冷凍機の構成図が示され、図2には、それに適用されるターボ圧縮機の概略構成図が示されている。

ターボ冷凍機 1 は、図 1 に示されるように、ターボ圧縮機 2 と、凝縮器 3 と、第 1 減圧装置 4 と、エコマイザとして機能する気液分離器 5 と、第 2 減圧装置 6 と、蒸発器 7 とが順次冷媒配管（配管）8 を介して接続されることにより構成される閉サイクルの冷凍サイクル 9 を備えている。

[0022] 本実施形態の冷凍サイクル 9 は、気液分離器 5 で分離されたガス冷媒をターボ圧縮機 2 の低段側圧縮部 14 で圧縮された中間圧の冷媒中に、中間ポートを介してインジェクションする公知のエコマイザ回路 10 を備えたものとされている。このエコマイザ回路 10 は、気液分離器 5 を用いた気液分離方式のエコマイザ回路 10 とされているが、凝縮器 3 で凝縮液化された冷媒の一部を分流し、その冷媒を減圧して液冷媒と熱交換させる中間冷却器を設けた中間冷却器方式のエコマイザ回路としてもよい。なお、エコマイザ回路 10 は、本発明において必須のものではない。

[0023] 上記した冷凍サイクル 9 中には、地球温暖化係数（GWP）が 5 以下、オゾン破壊係数（ODP）が 0.00031 であって共に低く、飽和温度が 18℃以下で負圧となる特性を有する R1233zd（E）冷媒が所要量充填されている。この R1233zd（E）冷媒は、低 GWP 冷媒である HCF O（ヒドロクロロフルオロオレフィン）冷媒の 1 つであり、低圧冷媒であって密度が低く、現行ターボ冷凍機に用いられている HFC 冷媒の 1 つである R134a 冷媒に対して密度が 5 分の 1 程度であることが知られている。

[0024] 本実施形態では、この R1233zd（E）冷媒を充填したターボ冷凍機 1 に組み込まれるターボ圧縮機 2 を、以下の構成を有するターボ圧縮機 2 としている。

図 2 に、そのターボ圧縮機 2 の概略構成図が示されている。

ターボ圧縮機 2 は、公知の如く、回転するインペラー（羽根車）により低圧の冷媒ガスを高圧の冷媒ガスに遠心圧縮して冷凍サイクル 9 内を循環させるものである。

[0025] ここでのターボ圧縮機 2 は、モータ 19 により駆動され、2 段の低段側および高段側インペラー（羽根車）15, 17 を回転する回転軸 18 が、モ-

タ 19 のロータ 19 A に直結された直結構造とされるとともに、その回転軸 18 がハウジング 11 に対して、前後一对のラジアル磁気軸受 20, 21 と、互いに対向配置されている一对のスラスト磁気軸受 23, 24 とを介して回転自在に支持された構成のターボ圧縮機 2 とされている。

[0026] つまり、このターボ圧縮機 2 は、圧縮機ハウジング 11 A と、モータハウジング 11 B とを一体化したハウジング 11 を備え、蒸発器 7 で蒸発された低圧のガス冷媒を冷媒吸込み口 12 から入口ベーン 13 を介して吸込み、低段側インペラー 15 を有する低段側圧縮部 14 および高段側インペラー 17 を有する高段側圧縮部 16 により 2 段圧縮し、高温高圧のガス冷媒としてスクロールケーシングの吐出口から外部の凝縮器 3 へと吐出するものであり、低段側圧縮部 14 と高段側圧縮部 16 間において、エコノマイザ回路 10 からの中間圧の冷媒ガスが中間ポートを介してインジェクションされる構成とされている。

[0027] 2 段の低段側インペラー 15 および高段側インペラー 17 は、回転軸 18 の一端側に所定の間隔をおいてそれぞれ一体に結合され、更に、その回転軸 18 がモータ 19 のロータ 19 B に結合されることによって、インペラー 15, 17 の回転軸 18 がモータ 19 に直結された構造とされている。また、モータ 19 は、ロータ 19 A およびステータ 19 B を備え、モータハウジング 11 B 内の略中央部位に收容設置され、図示省略のインバータを介して回転数が可変制御されるように構成されている。

[0028] 更に、上記回転軸 18 は、モータ 19 の前後に設けられている一对のラジアル磁気軸受 20, 21 によって回転自在に支持されるとともに、その後端部にスラストディスク 22 が固定設置され、該スラストディスク 22 を挟んで一对のスラスト磁気軸受 23, 24 が対向配置されることによって支持される構成とされている。なお、一对のスラスト磁気軸受 23, 24 は、コイルに供給される電流により磁気吸引力を発生し、その中央部位にスラストディスク 22 を位置させることにより、回転軸 18 にかかるスラスト荷重を支持するものである。

[0029] 以上に説明の構成により、本実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

上記ターボ冷凍機 1 において、ターボ圧縮機 2 が駆動されることにより、蒸発器 7 で蒸発された低圧のガス冷媒が吸込み口 12 から入口ベーン 13 を介して吸込まれる。この低圧冷媒は、低段側圧縮部 14 および高段側圧縮部 16 において、それぞれ高回転する低段側インペラー 15 および高段側インペラー 17 によって低圧から中間圧、中間圧から高圧に 2 段階で遠心圧縮され、スクロールケーシングに吐出された後、そこから外部の凝縮器 3 へと圧送される。

[0030] 凝縮器 3 で冷却媒体と熱交換して凝縮液化された冷媒は、第 1 減圧装置 4、エコノマイザとして機能する気液分離器 5、第 2 減圧装置 6 を経て過冷却されるとともに、低圧に減圧されて蒸発器 7 に導かれる。蒸発器 7 に導かれた低圧液冷媒は、被冷却媒体と熱交換されることにより、被冷却媒体から吸熱してその被冷却媒体を冷却するとともに、自身は蒸発ガス化され、再びターボ圧縮機 2 に吸込まれて圧縮される動作を繰り返す。

[0031] また、気液分離器 5 で分離、蒸発され、液冷媒を過冷却した冷媒は、エコノマイザ回路 10 を介してターボ圧縮機 2 の中間ポートから低段側圧縮部 14 で圧縮された中間圧の冷媒ガス中にインジェクションされることにより、冷凍能力を向上させるエコノマイザとしての作用を果たす。

[0032] このターボ冷凍機 1 の冷凍サイクル 9 内には、地球温暖化係数（GWP）およびオゾン破壊係数（ODP）が共に低く、低圧冷媒であって密度が低い R1233zd（E）冷媒が充填されている。かかる冷媒は、冷凍能力の確保が難しいとされているが、本実施形態では、大流量の冷媒圧縮に好適とされるターボ圧縮機 2 を、更にインペラー 15、17 の回転軸 18 をモータ 19 に直結した構造のターボ圧縮機 2 とするとともに、その回転軸 18 をラジアル磁気軸受 20、21 およびスラスト磁気軸受 23、24 で支持した構成のターボ圧縮機 2 として組み込んでいる。

[0033] このため、増速歯車での動力損失や転がり軸受等での軸受損失を低減して

、大流量の冷媒の圧縮に適しているターボ圧縮機 2 の一層の高回転化を図ることにより、低圧冷媒であって密度が低く、また H F C 冷媒と比較すると音速が高いため、能力の確保が難しいとされていた R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒を用いたことによる弱点をカバーすることができるとともに、油による潤滑を必要とする増速歯車や転がり軸受等を省いてオイルレス化することにより、潤滑油や油フィルタの交換等の潤滑油系統のメンテナンスを省略化することができる。

[0034] これによって、低圧冷媒であって密度が低い R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒を適用しても所要の能力を確保することができるとともに、メンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を低減して飽和温度が 1 8 °C 以下で負圧となる冷媒の特性を活かし、冷媒の大気への放出を防止することにより環境負荷を軽減したターボ冷凍機 1 を提供することができる。また、潤滑油系統を省略化して構成をシンプル化し、低コストで信頼性の高いターボ冷凍機 1 を提供することができる。

[0035] なお、上記実施形態では、2 段圧縮するターボ圧縮機 2 の例について説明したが、本発明において、ターボ圧縮機 2 は、2 段圧縮するものに限らず、単段圧縮や、3 段以上に多段圧縮するタイプのターボ圧縮機としてもよく、要はターボ圧縮機 2 が、インペラー（羽根車）の回転軸 1 8 をモータ 1 9 に直結した直結構造のターボ圧縮機 2 であって、その回転軸 1 8 が磁気軸受によって支持されているものであればよい。

[0036] [第 2 実施形態]

次に、本発明の第 2 実施形態について、図 3 および図 4 を用いて説明する。

本実施形態は、上記した第 1 実施形態に対して、回転軸 1 8 を回転自在に支持する軸受がオイルレスのセラミック材製軸受 2 5, 2 6 とされている点異なる。その他の点については、第 1 実施形態と同様であるので説明は省略する。

本実施形態では、回転軸 1 8 を回転自在に支持する軸受をラジアル磁気軸

受 20, 21 およびスラスト磁気軸受 23, 24 に替えて、図 3 に示されるように、オイルレスのセラミック材製すべり軸受あるいは転がり軸受 25, 26 (以下、本発明ではセラミック材製軸受という。) としての構成としている。

[0037] ここでのセラミック材製軸受 25, 26 は、窒化珪素を材料としたものであり、高い耐久性を確保し、オイルレスでも長寿命化できるようにしたものである。本実施形態においては、このセラミック材製軸受 25, 26 を冷凍サイクル 9 側から抽出した液冷媒を介して冷却・潤滑可能な構成としている。つまり、冷凍サイクル 9 側から凝縮器 3 で凝縮液化された高圧液冷媒の一部あるいは凝縮器 3 から蒸発器 7 に至る配管または機器から低圧液冷媒の一部を冷媒抽出管 27 により抽出し、その液冷媒を流量制御弁 28 で流量を調整してセラミック材製軸受 25, 26 の軸受箱 25A, 26A に供給することにより、セラミック材製軸受 25, 26 を液冷媒で冷却・潤滑できるようにしている。

[0038] また、本実施形態では、セラミック材製軸受 25, 26 だけでなく、上記液冷媒によってモータ 19 をも冷却できるように、冷媒抽出管 27、流量制御弁 28 を経て導入される液冷媒の一部を、モータ 19 のステータ 19B に設けられている冷媒注入穴 19C を介してモータ 19 のエアギャップ部 19D に導入し、ロータ 19A およびステータ 19B の双方を冷却可能な構成としている。このセラミック材製軸受 25, 26 およびモータ 19 を冷却した冷媒は、モータハウジング 11B の冷媒溜まり 29 に集められ、冷媒排出管 30 を介して冷凍サイクル 9 側の蒸発器 7 等の低圧領域に戻されるようになっている。

[0039] さらに、上記エアギャップ部 19D に導入された液冷媒を速やかに排出してモータ 19 での風損を低減するため、図 4 に示されるように、モータ 19 におけるロータ 19A の外周面、ステータ 19B の内周面あるいはロータ 19A の端面に設けられているバランスリング 31 の外周面の少なくともいずれか 1 箇所以上に、エアギャップ部 19D に供給された液冷媒をその軸方向

外側に向って流通させる螺旋溝 32 A, 32 B, 32 C を設けた構成としている。なお、この螺旋溝 32 A, 32 B, 32 C は、螺旋溝 32 C をバランシング 31 の外周面に設けるのが加工上から見て最も好ましいと思われる。

[0040] 以上のように、回転軸 18 を支持する軸受をオイルレスのセラミック材製軸受 25, 26 とすることによっても、第 1 実施形態と同様、増速歯車での動力損失や転がり軸受等での軸受損失を低減して、大流量の冷媒圧縮に適しているターボ圧縮機 2 の一層の高回転化を図ることにより、低圧冷媒であって密度が低く、また HFC 冷媒と比較すると音速が高いため、能力の確保が難しいとされていた R1233zd (E) 冷媒を用いたことによる弱点をカバーすることができるとともに、油による潤滑を必要とする増速歯車や転がり軸受等を省いてオイルレス化することにより、潤滑油や油フィルタの交換等の潤滑油システムのメンテナンスを省略化することができる。

[0041] このため、低圧冷媒であって密度が低い R1233zd (E) 冷媒を適用しても所要の能力を確保することができるとともに、メンテナンスの頻度やメンテナンスによる冷媒放出の機会を低減して飽和温度が 18℃ 以下で負圧となる冷媒の特性を活かし、冷媒の大気への放出を防止することによって環境負荷を軽減したターボ冷凍機 1 を提供することができる。また、潤滑油システムを省略化して構成をシンプル化し、低コストで信頼性の高いターボ冷凍機 1 を提供することができる。

[0042] また、セラミック材製軸受 25, 26 の軸受箱 25 A, 26 A およびモータ 19 のエアギャップ部 19 D に対し、冷凍サイクル 9 側から冷媒抽出管 27、流量制御弁 28 および冷媒排出管 30 を介して液冷媒が冷却・潤滑媒体として循環可能とされているため、セラミック材製軸受 25, 26 を液冷媒で冷却・潤滑することにより、その耐久性を向上することができるとともに、高回転化されるモータ 19 を液冷媒で冷却することにより冷却性能を確保し、その熱ロスや保護停止を抑止することができる。従って、オイルレス化してもセラミック材製軸受 25, 26 やモータ 19 を十分冷却・潤滑するこ

とができ、その耐久性や性能を向上した高性能で信頼性の高い、しかも環境負荷の小さいターボ冷凍機 1 を提供することができる。

[0043] さらに、上記実施形態では、モータ 19 におけるステータ 19 B の内周面、ロータ 19 A の外周面あるいはロータ端面に設けられているバランスリング 31 の外周面の少なくともいずれか 1 箇所以上に、モータ 19 のエアギャップ部 19 D に供給された液冷媒をその軸方向外側に流通させる螺旋溝 32 A, 32 B, 32 C を設けている。このため、エアギャップ部 19 D に供給された液冷媒を、その螺旋溝 32 A, 32 B, 32 C によって軸方向外側に流通させ、速やかに排出することができる。従って、液冷媒によるモータ 19 の冷却効果をより向上することができるとともに、液冷媒を攪拌することによるモータ 19 の風損を低減し、モータ効率を一層高めることができる。

[0044] また、上記実施形態においては、モータ 19 を冷媒注入穴 19 C から高压液冷媒または低压液冷媒を導入して冷却するようにしているが、これら液冷媒に替えて蒸発器 7 で蒸発して低压ガス冷媒を導入してモータ 19 を冷却する構成としてもよい。このように、モータ 19 の冷却媒体として低压ガス冷媒を導入する構成とすることによって、液冷媒を導入した場合に比べ、モータ 19 による攪拌損失を低減することができるため、モータ 19 を十分冷却して熱ロス等を低減することができるとともに、攪拌損失を更に低減してモータ 19 の効率を高め、より高回転化することができる。

[0045] なお、本発明は、上記実施形態にかかる発明に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、適宜変形が可能である。例えば、上記実施形態では、エコノマイザ回路 10 を備えた冷凍サイクル 9 に適用した例について説明したが、ターボヒートポンプのヒートポンプサイクルにも同様に適用できることはもちろんである。また、上記第 1 実施形態において、磁気軸受 20, 21, 23, 24 およびモータ 19 を第 2 実施形態の如く、冷媒を用いて冷却可能な構成としてもよい。

符号の説明

[0046] 1 ターボ冷凍機

- 2 ターボ圧縮機
- 3 凝縮器
- 4 第1減圧装置
- 5 気液分離器
- 6 第2減圧装置
- 7 蒸発器
- 8 冷媒配管（配管）
- 9 冷凍サイクル
- 14 低段側圧縮部
- 15 低段側インペラー（羽根車）
- 16 高段側圧縮部
- 17 高段側インペラー（羽根車）
- 18 回転軸
- 19 モータ
- 19A ロータ
- 19B ステータ
- 19C 冷媒注入穴
- 19D エアギャップ部
- 20, 21 ラジアル磁気軸受
- 23, 24 スラスト磁気軸受
- 25, 26 セラミック材製軸受
- 25A, 26A 軸受箱
- 27 冷媒抽出管
- 28 流量制御弁
- 29 冷媒溜まり
- 30 冷媒排出管
- 31 バランスリング
- 32A, 32B, 32C 螺旋溝

請求の範囲

- [請求項1] ターボ圧縮機、凝縮器、減圧装置および蒸発器が順次配管を介して接続されることにより閉サイクルの冷凍サイクルが構成され、そのサイクル内に冷媒が充填されているターボ冷凍機において、
- 前記冷媒が、地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒である R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒とされ、
- 前記ターボ圧縮機が、インペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とされるとともに、
- 前記回転軸を支持する軸受が、磁気軸受とされているターボ冷凍機。
- [請求項2] ターボ圧縮機、凝縮器、減圧装置および蒸発器が順次配管を介して接続されることにより閉サイクルの冷凍サイクルが構成され、そのサイクル内に冷媒が充填されているターボ冷凍機において、
- 前記冷媒が、地球温暖化係数およびオゾン破壊係数が共に低い低圧冷媒である R 1 2 3 3 z d (E) 冷媒とされ、
- 前記ターボ圧縮機が、インペラーの回転軸をモータに直結した直結構造のターボ圧縮機とされるとともに、
- 前記回転軸を支持する軸受が、オイルレスのセラミック材製軸受とされているターボ冷凍機。
- [請求項3] 前記軸受の軸受箱および前記モータのエアギャップ部に対して、前記冷凍サイクル側から冷媒液が冷却・潤滑媒体として循環可能に構成されている請求項 2 に記載のターボ冷凍機。
- [請求項4] 前記モータのエアギャップ部に対して、前記冷媒液に替えて低圧ガス冷媒が供給可能とされている請求項 3 に記載のターボ冷凍機。
- [請求項5] 前記モータのステータ内周面、ロータ外周面あるいはロータ端面に設けられているバランスリングの外周面の少なくともいずれか 1 箇所以上に、前記モータのエアギャップ部に供給された前記冷媒液または低圧ガス冷媒をその軸方向外側に流通する螺旋溝が設けられている請

求項 3 または 4 に記載のターボ冷凍機。