

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6924851号
(P6924851)

(45) 発行日 令和3年8月25日(2021.8.25)

(24) 登録日 令和3年8月4日(2021.8.4)

(51) Int.Cl.		F I	
FO4C 18/16	(2006.01)	FO4C 18/16	
FO4C 28/26	(2006.01)	FO4C 28/26	B
FO4C 29/02	(2006.01)	FO4C 29/02	351A
F25B 1/047	(2006.01)	F25B 1/047	R
		F25B 1/047	P

請求項の数 14 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2019-563640 (P2019-563640)	(73) 特許権者	000148357 株式会社前川製作所 東京都江東区牡丹3丁目14番15号
(86) (22) 出願日	平成30年10月9日(2018.10.9)	(74) 代理人	110000785 誠真IP特許業務法人
(86) 国際出願番号	PCT/JP2018/037551	(72) 発明者	久保田 義房 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株 会社前川製作所内
(87) 国際公開番号	W02020/075220	(72) 発明者	岸 孝幸 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株 会社前川製作所内
(87) 国際公開日	令和2年4月16日(2020.4.16)	(72) 発明者	北原 敬士 東京都江東区牡丹3丁目14番15号 株 会社前川製作所内
審査請求日	令和1年11月15日(2019.11.15)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スクリュ圧縮機及び冷凍装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ロータケーシングと、
該ロータケーシング内に設けられ互いに噛み合う一対のスクリュロータと、
前記一対のスクリュロータのロータ軸方向に沿って移動可能に設けられた可動部と、
を備え、
該可動部は、前記一対のスクリュロータによって形成される歯溝空間に向けて被圧縮ガスの液化液を供給可能な液化液供給口を有することを特徴とするスクリュ圧縮機。

【請求項2】

前記可動部は内部にキャビティが形成され、
前記液化液供給口は前記キャビティに連通し、かつ、前記液化液供給口は前記可動部の外周面に開口した貫通孔で構成されていることを特徴とする請求項1に記載のスクリュ圧縮機。

【請求項3】

前記可動部は前記ロータ軸方向に沿って前記ロータケーシングの外側へ延在する延在部を有し、
前記可動部を前記延在部を介して前記ロータ軸方向に沿って駆動する駆動部を備え、
前記延在部の内部に前記キャビティに連通し、前記ロータ軸方向に沿って直線状に延在する液化液導入空間が形成されていることを特徴とする請求項2に記載のスクリュ圧縮機。

【請求項 4】

前記ロータケーシングに吸入された被圧縮ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁を備え、

前記可動部は前記内部容積比可変制御弁の弁体で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のスクリュウ圧縮機。

【請求項 5】

容量制御用スライド弁を備え、

前記可動部は前記容量制御用スライド弁の弁体で構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れか一項に記載のスクリュウ圧縮機。

【請求項 6】

複数の前記液化液供給口が前記ロータ軸方向に沿って配置されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の何れか一項に記載のスクリュウ圧縮機。

【請求項 7】

前記複数の前記液化液供給口は、前記一对のスクリュウロータによって形成される複数の前記歯溝空間のうち、少なくとも吐出直前歯溝空間及び該吐出直前歯溝空間に隣り合う歯溝空間に向けて配置されることを特徴とする請求項 6 に記載のスクリュウ圧縮機。

【請求項 8】

前記スクリュウ圧縮機とともに冷凍サイクルを構成する冷凍サイクル構成機器である凝縮器で液化した冷媒液を前記可動部に供給する冷媒液供給ラインをさらに備える請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のスクリュウ圧縮機。

【請求項 9】

冷媒循環ラインと、

前記冷媒循環ラインに設けられた請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載のスクリュウ圧縮機及び凝縮器を含む冷凍サイクル構成機器と、

前記凝縮器で液化した冷媒液を前記可動部に供給する冷媒液供給ラインと、
を備えることを特徴とする冷凍装置。

【請求項 10】

前記可動部は、前記ロータケーシングに吸入された冷媒ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁又は容量制御用スライド弁の弁体で構成され、

前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を検出する温度センサと、

前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、

前記温度センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御し、前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を制御する第 1 コントローラと、

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の冷凍装置。

【請求項 11】

前記可動部は、前記ロータケーシングに吸入された冷媒ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁又は容量制御用スライド弁の弁体で構成され、

前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を検出する温度センサと、

前記スクリュウ圧縮機から吐出した前記冷媒ガスの圧力を検出する圧力センサと、

前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、

前記温度センサ及び前記圧力センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御し、前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの過熱度を制御する第 2 コントローラと、

を備えることを特徴とする請求項 9 に記載の冷凍装置。

【請求項 12】

前記可動部の前記ロータ軸方向位置を検出する位置センサと、

前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、

前記位置センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御する第 3 コントローラと、

を備えることを特徴とする請求項 9 乃至 11 の何れか一項に記載の冷凍装置。

【請求項 13】

10

20

30

40

50

前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスから油分を分離する油分離器を備えることを特徴とする請求項 9 乃至 12 の何れか一項に記載の冷凍装置。

【請求項 14】

前記スクリュウ圧縮機を駆動するハーメチックモータを備え、

前記冷媒液供給ラインは、前記ハーメチックモータを介して前記可動部に導設されていることを特徴とする請求項 9 乃至 13 の何れか一項に記載の冷凍装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、スクリュウ圧縮機及び該スクリュウ圧縮機を備える冷凍装置に関する。

10

【背景技術】

【0002】

スクリュウ圧縮機を備え、冷凍サイクルを構成する冷凍装置においては、凝縮器で液化された冷媒液をケーシングにもうけた孔から圧縮空間に噴射し、スクリュウ圧縮機から吐出される冷媒ガスの温度を制御する液インジェクション機構が知られている。特許文献 1 及び 2 にはかかる液インジェクション機構を備えたスクリュウ圧縮機が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特公昭 63 - 025255 号公報

【特許文献 2】特開平 03 - 079959 号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

液インジェクション機構は吐出温度を下げるために用いられるが、冷媒液は圧縮途中の圧縮ガスの熱を奪って蒸発するので、その蒸発したガスを吐出圧力まで圧縮する仕事が必要となるデメリットがある。このデメリットを小さくするためには吐出圧力に近い位置に液インジェクションすればよいが、従来の液インジェクション機構では、スクリュウ圧縮機における冷媒液の噴射位置が固定されている。従って、従来の固定式の液噴射口で液インジェクションする場合、内部容積比 (V_i) 調整弁が低い内部容積比側 (吸入側) に動くと、液噴射口が吐出部と繋がってしまい、液が噴射できなくなったり、或いは吸入圧力が下がった場合に対応し内部容積比 (V_i) 調整弁が高い内部容積比側 (吐出側) に動くと、噴射口に隣接する圧縮空間の圧力が低下するため、冷媒液が過剰に噴射される場合がある。これによって、吐出ガスの温度が不安定になり、スクリュウ圧縮機の性能低下や信頼性低下を招くおそれがある。

30

【0005】

また、アンロードスライド弁を内蔵して容量制御を行うスクリュウ圧縮機の場合、固定式の液噴射口ではアンロードすると必要液噴射量が少なくなるのに逆行して、液噴射口に隣接する圧縮空間の圧力が下がることで流量調整弁の給液量が瞬時に増加するため、過給液となるおそれがある。また、アンロードスライド弁が吸入側へ動くと、液噴射口が吐出部と繋がってしまい、これらの動作で、圧縮動力の増大、内部圧力の上昇、軸受荷重の増大、圧縮機振動の増大などの不都合な現象につながるおそれがある。これによって、吐出温度の不安定や圧縮機の性能低下及び寿命低下などの不具合を招く問題がある。

40

また、このような運転をくりかえすことで、液インジェクションラインに設けられた給液制御弁の耐久性が損なわれるおそれもある。

【0006】

一実施形態は、液噴射機能を有するスクリュウ圧縮機において、運転条件が変化する場合でも、スクリュウ圧縮機から吐出される冷媒ガス温度の安定制御を可能にすることによって、成績係数 (COP) の向上と圧縮機の信頼性向上を図ることを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1)一実施形態に係るスクリュウ圧縮機は、
ロータケージングと、
該ロータケージング内に設けられ互いに噛み合う一対のスクリュウロータと、
前記一対のスクリュウロータのロータ軸方向に沿って移動可能に設けられた可動部と、
を備え、

該可動部は、前記一対のスクリュウロータによって形成される歯溝空間に向けて被圧縮ガスの液化液を供給可能な液化液供給口を有する。

なお、歯溝空間とは、ロータケージングの内部で互いに噛み合う一対の雄雌スクリュウロータ間に形成される複数の密閉空間であり、吐出側へ移動するにつれて徐々に容積が減少することで、歯溝空間内の冷媒ガスは高圧となって吐出口から吐出される。

【0008】

上記(1)の構成によれば、上記液化液供給口は可動部と共にロータ軸方向に移動できるため、運転条件が変化しても液化液供給口のロータ軸方向位置を調整することで、スクリュウ圧縮機から吐出される冷媒ガスの温度(以下「吐出ガス温度」とも言う。)を安定制御できる。また、可動部に液化液供給口をもうけることで、液化液供給口が吐出口に近く高圧側の歯溝空間に連通するように配置できる。これによって、吸入口に近い側で液噴射する場合より吐出ガス温度を効率良く低減でき、かつ圧縮機の仕事を低減できる。

【0009】

(2)一実施形態では、前記(1)の構成において、

前記可動部は内部にキャビティが形成され、

前記液化液供給口は前記キャビティに連通し、かつ、前記液化液供給口は前記可動部の外周面に開口した貫通孔で構成されている。

上記(2)の構成によれば、液化液供給口に供給する冷媒液の供給路が可動部の内部に形成されるので、冷媒液供給路の構成をコンパクト化できる。また、液化液供給口が可動部の外周面に開口した貫通孔で構成されるので、液化液供給口の構成を簡素化できる。

【0010】

(3)一実施形態では、前記(2)の構成において、

前記可動部は前記ロータ軸方向に沿って前記ロータケージングの外側へ延在する延在部を有し、

前記可動部を前記延在部を介して前記ロータ軸方向に沿って駆動する駆動部を備え、

前記延在部の内部に前記キャビティに連通し、前記ロータ軸方向に沿って直線状に延在する液化液導入空間が形成されている。

上記(3)の構成によれば、液化液を上記延在部に形成された液化液導入空間を介して上記キャビティに導入できるので、液化液導入経路の構成を簡素化できる。

【0011】

(4)一実施形態では、前記(1)~(3)の何れかの構成において、

前記ロータケージングに吸入された前記被圧縮ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁を備え、

前記可動部は前記内部容積比可変制御弁の弁体で構成されている。

上記(4)の構成によれば、可動部として既存の内部容積比可変制御弁を利用できるので、別途可動部の設置を要しない。また、内部容積比可変制御弁の弁体に液化液供給口をもうけることで、運転条件に対して該弁体を最適な内部容積比に配置した状態で、液化液供給口のロータ軸方向位置を圧縮機性能への影響が少ない比較的高い内部容積比の位置に配置できる。これによって、圧縮機性能の低下を抑制しつつ吐出ガス温度を安定制御し、かつ被圧縮ガスの冷却効果を向上できる。

【0012】

(5)一実施形態では、前記(1)~(3)の何れかの構成において、

容量制御用スライド弁を備え、

10

20

30

40

50

前記可動部は前記容量制御用スライド弁の弁体で構成されている。

上記(5)の構成によれば、可動部として既存の容量制御用スライド弁を利用できるので、別途可動部の設置を要しない。また、内部容積比可変制御弁の弁体に液化液供給口を形成することで、運転条件に対して該弁体を容量制御に最適な位置に配置した状態で、液化液供給口のロータ軸方向位置を圧縮機性能への影響が少ない吐出側の位置に配置できる。これによって、圧縮機性能の低下を抑制しつつ吐出ガス温度を安定制御し、かつ被圧縮ガスの冷却効果を向上できる。

【0013】

(6)一実施形態では、前記(1)~(5)の何れかの構成において、複数の前記液化液供給口が前記ロータ軸方向に沿って配置されている。

10

上記(6)の構成によれば、ロータ軸方向に沿って離散した複数箇所から液化液を噴射するので、必要な給液量を確保できると共に、ロータ軸方向で被圧縮ガスを均一に冷却できる。また、液化液の噴射によって発生する液ハンマなどの衝撃波は分散されるので、その衝撃力を緩和できる。また、万一一部の液化液供給口が閉塞したときでも液噴射機能を維持できる。

【0014】

(7)一実施形態では、前記(6)の構成において、

前記複数の前記液化液供給口は、前記一对のスクリュロータによって形成される複数の前記歯溝空間のうち、少なくとも吐出直前歯溝空間及び該吐出直前歯溝空間に隣り合う歯溝空間に向けて配置される。

20

上記(7)の構成によれば、吐出口に最も近い複数の歯溝空間の夫々に液化液を噴射できるので、吐出ガス温度をさらに安定制御できると共に、被圧縮ガスの冷却効果を向上できる。

【0015】

(8)一実施形態に係る冷凍装置は、冷媒循環ラインと、

前記冷媒循環ラインに設けられた前記(1)~(7)の何れかの構成を有するスクリュ圧縮機及び凝縮器を含む冷凍サイクル構成機器と、

前記凝縮器で液化した冷媒液を前記可動部に供給する冷媒液供給ラインと、を備える。

30

上記(8)の構成によれば、上記構成のスクリュ圧縮機を備えるため、運転条件が変化したときでも、吐出ガス温度を安定制御できると共に、液化液供給口が吐出口に近く高圧側の歯溝空間に配置できるため、吸入口に近い側で液噴射する場合より吐出ガス温度を効率良く低減でき、かつ圧縮機の仕事を低減できる。

【0016】

(9)一実施形態では、前記(8)の構成において、

前記可動部は、前記ロータケーシングに吸入された冷媒ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁の弁体で構成され、

前記スクリュ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を検出する温度センサと、

前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、

前記温度センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御し、前記スクリュ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を制御する第1コントローラと、

40

を備える。

上記(9)の構成によれば、第1コントローラによって、温度センサの検出値に基づいて冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁の開度を制御することで、吐出ガス温度を制御できる。これによって、吐出ガス温度の制御精度を向上できる。

【0017】

(10)一実施形態では、前記(8)の構成において、

前記可動部は、前記ロータケーシングに吸入された冷媒ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁の弁体で構成され、

50

前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの温度を検出する温度センサと、
 前記スクリュウ圧縮機から吐出した前記冷媒ガスの圧力を検出する圧力センサと、
 前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、
 前記温度センサ及び前記圧力センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御し、
 前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスの過熱度を制御する第2コントローラと、
 を備える。

上記(10)の構成によれば、第2コントローラによって、温度センサ及び圧力センサの検出値に基づいて冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁の開度を制御することで、吐出ガスの過熱度を精度良く制御できる。

【0018】

10

(11)一実施形態では、前記(8)～(10)の何れかの構成において、
 前記可動部の前記ロータ軸方向位置を検出する位置センサと、
 前記冷媒液供給ラインに設けられた流量調整弁と、
 前記位置センサの検出値に基づいて前記流量調整弁の開度を制御する第3コントローラと、
 を備える。

上記(11)の構成によれば、第3コントローラにおいて、上記位置センサで検出される可動部のロータ軸方向位置によって内部容積比や容量制御位置を検出できる。そして、上記流量調整弁の開度を制御し、検出された内部容積比や容量に最適な液噴射量とすることで、吐出ガス温度及び過熱度を精度良く制御できる。

20

【0019】

(12)一実施形態では、前記(8)～(11)の何れかの構成において、
 前記スクリュウ圧縮機から吐出した冷媒ガスから油分を分離する油分離器を備える。
 上記(12)の構成によれば、可動部に冷媒液供給口をもうけることで、上述のように、吐出口に近い側で液噴射が可能になるため、吐出ガス温度を効率良く低めに安定させることができる。これによって、油分離器の分離性能を向上できるため、油分離器を小型化できる。

【0020】

(13)一実施形態では、前記(8)～(12)の何れかの構成において、
 前記スクリュウ圧縮機を駆動するハーマチックモータを備え、
 前記冷媒液供給ラインは、前記ハーマチックモータを介して前記可動部に導設されている。

30

上記(13)の構成によれば、液噴射に用いる冷媒液でハーマチックモータの冷却を兼用できる。

【発明の効果】

【0021】

幾つかの実施形態によれば、液化液供給口のロータ軸方向位置を調整することで、運転条件が変化したときでも、吐出ガス温度を安定制御でき、スクリュウ圧縮機の信頼性を向上できる。また、液化液供給口を吐出側に配置できるため、吸入口に近い側で液噴射する場合より吐出ガス温度を効率良く低減でき、かつ圧縮機の仕事を低減できてCOPを向上できる。

40

【図面の簡単な説明】

【0022】

【図1】一実施形態に係るスクリュウ圧縮機の縦断面図である。

【図2】一実施形態に係るスクリュウ圧縮機の縦断面図である。

【図3】図1に示すスクリュウ圧縮機のロータケーシングを半割りした斜視図である。

【図4】一実施形態に係る冷凍装置の系統図である。

【図5】一実施形態に係る冷凍装置のモリエル線図である。

【図6】一実施形態に係る冷凍装置のT-s線図である。

【図7】一実施形態に係る冷凍装置の系統図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0023】

以下、添付図面を参照して本発明の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載され又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一つの構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

【0024】

図1及び図2は幾つかの実施形態に係るスクリュ圧縮機10(10A、10B)を示す縦断面図である。スクリュ圧縮機10は、ロータケーシング12の内部に互いに噛み合う一対のスクリュロータ14が収容されている。図3に示すように、一対のスクリュロータ14は、雄ロータ14(14a)及び雌ロータ14(14b)で構成されている。一対のスクリュロータ14は、例えば吐出側で雄ロータに駆動軸15が一体形成され、駆動軸15が駆動部(不図示)によって回転されることで、互いに逆方向へ回転する。ロータケーシング12と一対のスクリュロータ14との間にロータ軸方向に沿って複数の歯溝空間Stが形成される。歯溝空間Stは入口側で吸入口16に連通し、出口側で吐出口18に連通する。歯溝空間Stは、スクリュロータ14の回転に従って吐出側へ移動し、歯溝空間Stの容積が最大になったとき、歯溝空間Stは吸入口16と遮断される。この最大吸入容積と吐出口18に連通する直前の歯溝空間容積との比が内部容積比(最大吸入容積/吐出直前歯溝空間容積)Viと称される。

【0025】

一対のスクリュロータ14に隣接した位置にロータ軸方向に沿って移動可能に設けられた可動部20を備える。可動部20は、歯溝空間Stに向けて被圧縮ガスの液化液を供給可能な液化液供給口21を有する。

【0026】

上記構成によれば、液化液供給口21は可動部20と共にロータ軸方向に移動できるため、運転条件が変化しても液化液供給口21のロータ軸方向位置を調整することで、吐出口18から吐出される冷媒ガスの温度を安定制御でき、スクリュ圧縮機10の信頼性を向上できる。また、可動部20に液化液供給口21をもうけることで、液化液供給口21が吐出口18に近く高圧側の歯溝空間Stに連通するように配置できる。これによって、吸入口16に近い側で液噴射する場合より吐出ガス温度を効率良く低減でき、かつ圧縮機10の仕事量を低減できてCOPを向上できる。

従来のように、固定式の液化液供給口を採用する場合、運転条件の変化に応じて液化液の噴射位置を変えようとするれば、ロータ軸方向に複数の液化液供給口をもうける必要がある。この場合、圧縮機10の性能低下とロータケーシング12の強度低下をきたすおそれがある。

【0027】

一実施形態では、少なくとも1個の液化液供給口21を吐出直前歯溝空間St₁(図3参照)に位置するように配置することで、圧縮機性能の低下を抑制しつつ吐出ガス温度の低減効果を高めることができ、かつスクリュ圧縮機10の仕事量の低減効果を高めること

10

20

30

40

50

ができる。

【0028】

一実施形態では、図1及び図2に示すように、一对のスクリュロータ14のロータ軸22は、ロータケーシング12に隣接して吐出側に設けられたベアリングヘッド13に収容されたラジアル軸受24及びスラスト軸受26で回転自在に支持される。吸入側のロータ軸22には、吸入側と吐出側とでスクリュロータ14に加わる反対方向の力のアンバランスを是正するバランスピストン28が設けられる。駆動軸15は軸封装置30で支持され、ケーシング32の外側へ導出される。

【0029】

一実施形態では、可動部20は内部にキャビティ34が形成される。液化液供給口21は、キャビティ34に連通し、かつ可動部20の外周面に開口した貫通孔で構成されている。この実施形態によれば、液化液供給口に供給される液化液の供給路が可動部20の内部に形成されるので、冷媒液供給路の構成をコンパクト化できる。また、液化液供給口21が可動部20の外周面に開口した貫通孔で構成されるので、液化液供給口21の形成が容易になる。

【0030】

図1に示すスクリュ圧縮機10(10A)は、ロータケーシング12に吸入された被圧縮ガスの内部容積比を制御可能な内部容積比可変制御弁19(19a)を備える。可変制御弁19(19a)は、ロータ軸方向位置を変えることで、内部容積比 V_i を可変にできる。可動部20は可変制御弁19(19a)の弁体で構成される。図3に示すように、ベアリングヘッド13にアキシャル吐出ポート36aが形成され、可変制御弁19(19a)の吐出側端にラジアル吐出ポート36bが形成されている。ラジアル吐出ポート36bが被圧縮ガスの吐出位置を規制する。

この実施形態によれば、可動部20として既存の可変制御弁19を利用するので、別途可動部の設置を要しない。また、可変制御弁19の弁体に液化液供給口21をもうけることで、運転条件に対して可変制御弁19の弁体を最適な内部容積比 V_i に配置した状態で、液化液供給口21のロータ軸方向位置を圧縮機性能への影響が少ない比較的高い内部容積比の位置に配置できる。これによって、圧縮機性能の低下を抑制しつつ吐出ガス温度を安定制御し、かつ被圧縮ガスの冷却効果を向上できる。

【0031】

一実施形態では、図2に示すように、スクリュ圧縮機10(10B)は、スクリュ圧縮機10(10B)の負荷に応じて容量を制御可能な容量制御用スライド弁19(19b)を備える。可動部20はスライド弁19(19b)の弁体で構成されている。

この実施形態によれば、可動部20として既存の容量制御用スライド弁の弁体を利用できるので、別途可動部の設置を要しない。また、スライド弁19(19b)の弁体に液化液供給口21を形成することで、運転条件に対して該弁体を容量制御に最適な位置に配置した状態で、液化液供給口21のロータ軸方向位置を圧縮機性能への影響が少ない吐出側の位置に配置できる。これによって、圧縮機性能の低下を抑制しつつ吐出ガス温度を安定制御し、かつ被圧縮ガスの冷却効果を向上できる。

【0032】

一実施形態では、図1及び図2に示すように、可動部20は、ロータ軸方向に沿ってロータケーシング12及び吸入口16等を形成するケーシング42の外側へ延在する延在部38を有する。可動部20は延在部38を介し駆動部44によってロータ軸方向に沿って駆動され、これによって、可動部20及び液化液供給口21はロータ軸方向位置を調整できる。

図1に示す実施形態では、可動部20と延在部38とは一体形成され、延在部38の内部にキャビティ34に連通し、ロータ軸方向に沿って直線状に延在する液化液導入空間40が形成されている。この実施形態によれば、液化液を液化液導入空間40を介して可動部20に形成されたキャビティ34に導入できるので、液化液導入経路の構成を簡素化できる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 3 】

図 1 に示す実施形態では、可変制御弁 19 (19 a) は吸入側で容量調整を行わず、内部容積比 V_i のみを行う内部容積比可変制御弁で構成される。そのため、スクリュ圧縮機 10 の容量調整は、一对のスクリュロータ 14 の駆動部 (不図示) によってスクリュロータ 14 の回転数を制御することで行う。内部容積比 V_i の制御は、駆動部 44 によって可動部 20 (可変制御弁 19 (19 a) の弁体) をロータ軸方向に移動させて行う。駆動部 44 として、ケーシング 42 に連設されたケーシング 46 の内部にシリンダ部 48 が形成され、シリンダ部 48 に延在部 38 の端部に設けられた油圧ピストン 50 が内蔵されている。シリンダ部 48 に圧油供給排出路 52 によって圧油が給排されて油圧ピストン 50 をロータ軸方向に駆動する。圧油の給排制御は電磁弁 54 によって行われる。延在部 38 の端部にはケーシング 46 の外部から接続パイプ 56 が接続され、接続パイプ 56 を介して液化液導入空間 40 に液化液 L_r が供給される。

10

【 0 0 3 4 】

図 2 に示す実施形態では、スライド弁 19 (19 b) は、内部容積比 V_i の可変機能を有する容量制御用スライド弁で構成されている。スライド弁 19 (19 b) は、可動部 20 と延在部 38 とが別個に独立して形成されている。スライド弁 19 (19 b) による内部容積比 V_i の制御は、図 1 に示す実施形態と同一構成の駆動部 44 によって、可動部 20 (スライド弁 19 (19 b) の弁体) をロータ軸方向に移動させて行う。容量制御は、ケーシング 46 に隣設されたケーシング 86 に設けられた駆動部 90 によって行う。即ち、ケーシング 86 の内部にシリンダ部 88 が形成され、シリンダ部 88 に油圧ピストン 94 が内蔵されている。両端が可動部 20 及び油圧ピストン 94 に接続されたピストンロッド 92 が、延在部 38 の中心に軸方向に形成された貫通孔に摺動自在に導設される。シリンダ部 88 に油供給排出路 96 によって圧油が給排されて油圧ピストン 94 をロータ軸方向に駆動する。圧油の給排制御は電磁弁 98 によって行われる。こうして、可動部 20 は延在部 38 に対してロータ軸方向に独自に移動し、これによって、可動部 20 と延在部 38 との間に隙間が形成され、容量制御が行われる。

20

【 0 0 3 5 】

また、図 2 に示す実施形態では、ベアリングヘッド 13 にロータ軸方向に沿って設けられた接続パイプ 41 によってキャピティ 34 に液化液 L_r が導入される。可動部 20 のキャピティ 34 と可動部 20 の吐出側表面に貫通する貫通孔が形成され、該貫通孔に接続パイプ 41 の端部が挿入される。接続パイプ 41 の他端側開口はケーシング 32 の外側に開口し、該開口から液化液 L_r が供給される。可動部 20 と接続パイプ 41 との間にシール兼ガイド部材 43 が設けられる。

30

【 0 0 3 6 】

図 3 は、図 1 に示すスクリュ圧縮機 10 (10 A) のロータケーシングの内部を示す。ロータケーシング 12 の内部で、一对の雄ロータ 14 (14 a) 及び雌ロータ 14 (14 b) が互いに噛み合せて配置されている。

一実施形態では、複数の液化液供給口 21 (21 a) が可動部 20 にロータ軸方向に沿って形成されている。この実施形態によれば、ロータ軸方向に沿って離散した複数箇所から液化液を噴射するので、圧縮されて高温となった被圧縮ガスの冷却に必要な給液量を確保できると共に、ロータ軸方向で被圧縮ガスを均一に冷却できる。また、液化液の噴射によって発生する液ハンマなど衝撃波は分散されるので、その衝撃力を緩和できる。また、万一一部の液化液供給口 21 が閉塞したときでも液噴射機能を維持できる。なお、スクリュ圧縮機 10 が冷凍装置に組み込まれる場合は被圧縮ガスに冷凍機油が含まれる。

40

【 0 0 3 7 】

一実施形態では、図 3 に示すように、複数の液化液供給口 21 (21 a) が一对のスクリュロータ 14 によって形成される複数の歯溝空間 S_t のうち、少なくとも吐出直前歯溝空間 S_{t_1} 及び吐出直前歯溝空間 S_{t_1} に隣り合う歯溝空間 S_t に向けて配置される。

この実施形態によれば、吐出口に最も近い複数の歯溝空間 S_t の夫々に液化液を噴射できるので、吐出ガス温度をさらに安定制御できると共に、吐出側での被圧縮ガスの冷却効

50

果を向上できる。

複数の液化液供給口 2 1 は、例えば、同図に示すように、ロータケーシング 1 2 の隔壁に形成された円形又は楕円形等の横断面を有してロータケーシング 1 2 の内面に開口する貫通孔で構成することができる。これによって、液化液供給口 2 1 の形成が容易になる。

【 0 0 3 8 】

一実施形態では、図 3 に示すように、液化液供給口 2 1 として、複数の液化液供給口 2 1 (2 1 a) の代わりに、長辺がロータ軸方向に沿って向けられた長孔の横断面を有してロータケーシング 1 2 の内面に開口する貫通孔で構成される。この液化液供給口 2 1 (2 1 b) は、複数の歯溝空間 S t がロータ軸方向へ移動するとき、隣り合う 2 つの歯溝空間 S t に跨って開口することができるため、複数の歯溝空間 S t の夫々に貫通孔を形成したときと同じ液噴射を行うことができる。

10

【 0 0 3 9 】

図 3 において、液化液供給口 1 0 0 は、ベアリングヘッド 1 3 の端面という固定部位に形成された従来の液化液供給口の一例を示す。実施形態に係る液化液供給口 2 1 (2 1 a 、 2 1 b) との比較のために図示している。

図 3 は、可変制御弁 1 9 (1 9 a) を備えるスクリュウ圧縮機 1 0 (1 0 A) に液化液供給口 2 1 (2 1 a 、 2 1 b) をもうける実施形態であるが、スライド弁 1 9 (1 9 b) を備えるスクリュウ圧縮機 1 0 (1 0 B) に液化液供給口 2 1 (2 1 a 、 2 1 b) を設けることもできる。

【 0 0 4 0 】

20

一実施形態に係る冷凍装置 6 0 (6 0 A) は、図 4 に示すように、冷媒循環ライン 6 2 に上記構成を有するスクリュウ圧縮機 1 0 及び他の冷凍サイクル構成機器が設けられて構成される。他の主要な冷凍サイクル構成機器として、凝縮器 6 4 、膨張弁 6 6 及び蒸発器 6 8 等が設けられる。スクリュウ圧縮機 1 0 の駆動軸 1 5 は駆動部 5 8 で回転駆動される。また、凝縮器 6 4 で液化した冷媒液をスクリュウ圧縮機 1 0 の可動部 2 0 に供給するための冷媒液供給ライン 7 0 を備え、冷媒液は可動部 2 0 に形成された液化液供給口 2 1 から歯溝空間 S t に噴射される。

【 0 0 4 1 】

上記構成によれば、スクリュウ圧縮機 1 0 を備えるため、運転条件が変化したときでも、吐出ガス温度を安定制御できる。また、液化液供給口 2 1 が吐出口に近く高压側の歯溝空間 S t に配置できるため、吸入口 1 6 に近い側で冷媒液を噴射する場合より吐出ガス温度を効率良く低減でき、かつ圧縮機の仕事を低減でき COP を向上できる。

30

【 0 0 4 2 】

図 5 は、一実施形態に係る冷凍装置 6 0 が構成する冷凍サイクルのモリエル線図であり、図 6 は、該冷凍サイクルの T - s 線図である。図 5 において、ライン L₀ がスクリュウ圧縮機 1 0 の吸入側に近い位置で行う従来の固定式冷媒液噴射ラインであり、ライン L が可動部 2 0 から冷媒液を噴射した一実施形態に係る冷媒液噴射ラインである。i が一実施形態による冷媒ガスの冷却効果を示し、i₀ が従来の冷媒ガスの冷却効果を示す。図 6 において、a - c_s - d - e - f - h - a が基本冷凍サイクルである。従来の冷媒液噴射サイクルは、上記基本冷凍サイクルに冷媒液噴射ライン (b₀ - c₀ - d - e - f - g₀ - b₀) が加えられ、吐出ガス温度は c₀ となる。この冷媒液噴射サイクルの面積 A₀ が基本冷凍サイクルに加えられる単位液量当りの仕事量に相当する。一実施形態に係る位置可変式冷媒液噴射サイクルは、上記基本冷凍サイクルに冷媒液噴射ライン (b - c - d - e - f - g - b) が加えられ、吐出ガス温度は c となる。この場合、冷媒液噴射サイクルの面積 A が基本冷凍サイクルに加えられる単位液量当りの仕事量に相当する。図 6 から、一実施形態により液噴射することによって増加する仕事量は、面積 A × 液噴射量 G < 面積 A₀ × 液噴射量 G₀ の関係にあることがわかる。

40

【 0 0 4 3 】

一実施形態に係る位置可変式冷媒液噴射サイクルによれば、従来より内部容積比 V_i が高い位置から冷媒液を噴射できるので、同じ給液量であれば、従来より低い吐出ガス温度

50

に冷却できると共に、スクリュウ圧縮機 10 の無駄な仕事量（動力）の低減が可能になる。

【0044】

一実施形態では、図 4 に示すように、スクリュウ圧縮機 10 の吐出側冷媒循環ライン 62 に、スクリュウ圧縮機 10 から吐出した冷媒ガスの温度を検出する温度センサ 74 が設けられる。冷媒液供給ライン 70 には流量調整弁 72 が設けられる。コントローラ 78 に温度センサ 74 の検出値が入力され、コントローラ 78 はこの検出値に基づいて流量調整弁 72 の開度を制御する。これによって、吐出ガス温度の制御精度を向上できる。

一実施形態では、凝縮器 64 の下流側で冷媒循環ライン 62 に冷媒液タンク 80 が設けられ、凝縮器 64 で液化された冷媒液は冷媒液タンク 80 に一旦貯留された後、冷媒循環ライン 62 の下流側又は冷媒液供給ライン 70 に送られる。

10

【0045】

一実施形態では、図 4 に示すように、スクリュウ圧縮機 10 から吐出した冷媒ガスの圧力を検出する圧力センサ 76 が圧縮機吐出側の冷媒循環ライン 62 に設けられる。圧力センサ 76 の検出値はコントローラ 78 に入力される。コントローラ 78 は、温度センサ 74 及び圧力センサ 76 の検出値から圧縮機吐出ガスの過熱度 SH を算出する。コントローラ 78 は、過熱度 SH が適正に制御されるように冷媒液供給ライン 70 に設けられた流量調整弁 72 の開度を制御する。これによって、圧縮機吐出ガスの過熱度 SH を適正な値に精度良く制御できる。

【0046】

一実施形態では、可動部（弁体）20 のロータ軸方向位置を検出する位置センサ 81 をさらに備える。コントローラ 78 は、位置センサ 81 の検出値に基づいて流量調整弁 72 の開度を制御する。

20

この実施形態によれば、コントローラ 78 において、位置センサ 81 で検出される可動部 20 のロータ軸方向位置によって内部容積比 V_i を求めることができる。そして、流量調整弁 72 の開度を制御し、求めた内部容積比 V_i に最適な冷媒液の噴射量とすることで、吐出ガス温度及び過熱度 SH を精度良く制御できる。

一実施形態では、位置センサ 81 が設けられる延在部 38 の外面はロータ軸方向に対して傾斜したテーパ面を有する内部容積比位置検出部を形成している。位置センサ 81 は該テーパ面に接触するように配置され、ロータ軸方向と直交する方向の位置センサ 81 の位置で延在部 38 のロータ軸方向位置を検出する。

30

【0047】

一実施形態では、流量調整弁 72 を備える冷媒液供給ライン 70 の代わりに、オリフィスを備える第 1 冷媒液供給ラインと、電磁弁を備える第 2 冷媒液供給ラインとを設けるようにすることもできる。これによって、冷媒液供給ラインに設けられる流量調整手段を簡素かつ低コスト化できる。

【0048】

一実施形態では、図 4 に示すように、スクリュウ圧縮機 10 の吐出側の冷媒循環ライン 62 に油分離器 82 が設けられる。油分離器 82 でスクリュウ圧縮機 10 から吐出した冷媒ガスから油分が分離され、分離された油分は冷凍機油として油循環ライン 84 からスクリュウ圧縮機 10 に戻される。

40

この実施形態によれば、可動部 20 に液化液供給口 21 をもうけることで、上述のように、吐出口 18 に近い側で液噴射が可能になるため、吐出ガス温度を効率良く低めに安定させることができる。これによって、吐出ガスに伴う油の蒸気圧力を低めにできるため、油分離器 82 の分離性能を向上でき、油分離器 82 を小型化できる。

なお、スクリュウ圧縮機 10 が油冷式でない実施形態では、油分離器 82 及び油循環ライン 84 は設置されない。

【0049】

一実施形態では、図 7 に示す冷凍装置 60（60B）において、スクリュウ圧縮機 10 を駆動する駆動部 58 としてハーマチックモータを備える。冷媒液供給ライン 70 は、このハーマチックモータを介して可動部 20 に導設されている。流量調整弁 72 を出た冷媒液

50

は、まず、ハーマチックモータに導入されてハーマチックモータを冷却する。この場合、例えば、ハーマチックモータの密閉構造のケーシングの内部に冷媒液の導入路を導設して冷却効果を高めるようにする。ハーマチックモータを冷却した後の冷媒液は可動部 20 に送られ、液化液供給口 21 から歯溝空間 54 に噴射される。この実施形態によれば、液噴射に用いる冷媒液でハーマチックモータの冷却を兼用できる。

【産業上の利用可能性】

【0050】

幾つかの実施形態によれば、スクリュ圧縮機において、液化液供給口のロータ軸方向位置を調整することで、運転条件が変化したときでも、吐出ガス温度を安定制御できる。また、吐出ガス温度を効率良く低下できると共に、圧縮機の仕事を低減でき、スクリュ圧縮機が組み込まれた冷凍装置の成績係数を向上できる。

10

【符号の説明】

【0051】

10 (10A、10B) スクリュ圧縮機

12 ロータケーシング

13 ベアリングヘッド

14 スクリュロータ

14 (14a) 雄ロータ

14 (14b) 雌ロータ

15 駆動軸

16 吸入口

18 吐出口

19 (19a) 内部容積比可変制御弁

19 (19b) 容量制御用スライド弁

20 可動部 (弁体)

21 (21a、21b)、100 液化液供給口

22 ロータ軸

24 ラジアル軸受

26 スラスト軸受

28 バランスピストン

30 軸封装置

32、42、46、86 ケーシング

34 キャビティ

36a アキシャル吐出ポート

36b ラジアル吐出ポート

38 延在部

40 液化液導入空間

41、56 接続パイプ

44、58、90 駆動部

48、88 シリンダ部

50、94 油圧ピストン

52、96 圧油供給排出路

54、98 電磁弁

56 接続パイプ

60 (60A、60B) 冷凍装置

62 冷媒循環ライン

64 凝縮器

66 膨張弁

68 蒸発器

70 冷媒液供給ライン

20

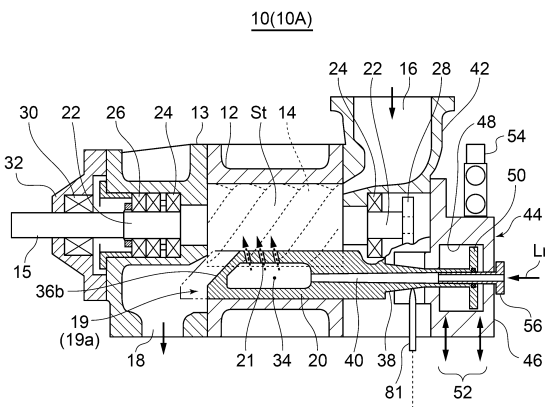
30

40

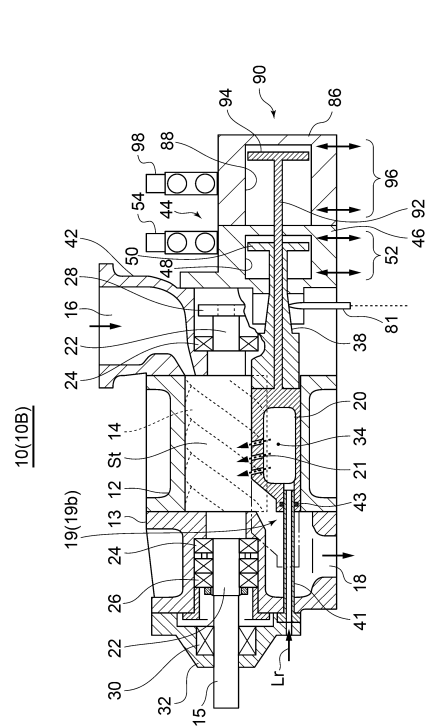
50

- 7 2 流量調整弁
- 7 4 温度センサ
- 7 6 圧力センサ
- 7 8 コントローラ
- 8 0 冷媒液タンク
- 8 1 位置センサ
- 8 2 油分離器
- 8 4 油循環ライン
- 9 2 ピストンロッド
- G、G₀ 液噴射量
- L 可変式冷媒循環ライン
- L₀ 固定式冷媒循環ライン（従来）
- L_r 液化液
- S t 歯溝空間
- S t₁ 吐出直前歯溝空間

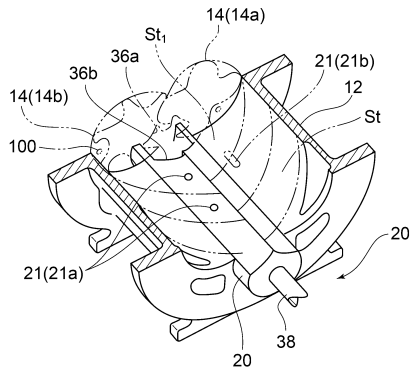
【 図 1 】



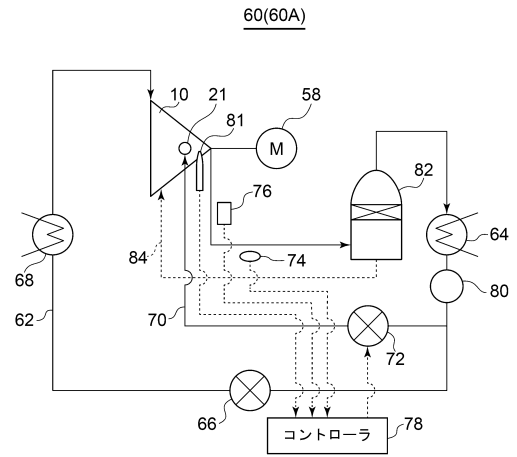
【 図 2 】



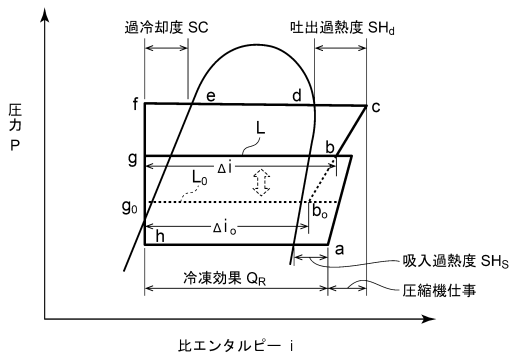
【図3】



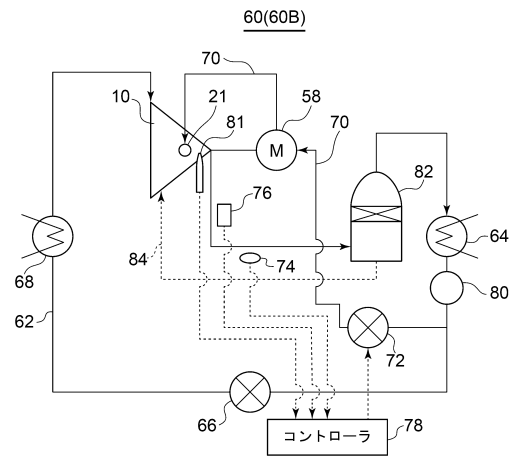
【図4】



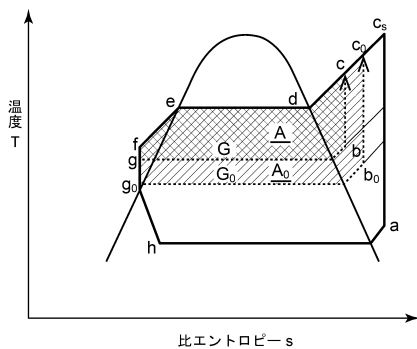
【図5】



【図7】



【図6】



フロントページの続き

審査官 所村 陽一

(56)参考文献 国際公開第2008/153061(WO, A1)
国際公開第2014/192898(WO, A1)
特開2018-021494(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F04C 18/16
F04C 28/26
F04C 29/02
F25B 1/047