

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6105511号  
(P6105511)

(45) 発行日 平成29年3月29日 (2017.3.29)

(24) 登録日 平成29年3月10日 (2017.3.10)

(51) Int. Cl.	F 1
<b>F 2 5 B 1/00 (2006.01)</b>	F 2 5 B 1/00 3 9 6 Z
<b>F 2 5 B 31/02 (2006.01)</b>	F 2 5 B 31/02 Z
<b>F 0 4 B 39/00 (2006.01)</b>	F 0 4 B 39/00 A
	F 0 4 B 39/00 1 0 6 E

請求項の数 9 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-81125 (P2014-81125)	(73) 特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成26年4月10日 (2014.4.10)	(74) 代理人	110001461 特許業務法人きさ特許商標事務所
(65) 公開番号	特開2015-200480 (P2015-200480A)	(72) 発明者	松永 訓明 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
(43) 公開日	平成27年11月12日 (2015.11.12)	(72) 発明者	小笠原 忍 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内
審査請求日	平成28年5月27日 (2016.5.27)	(72) 発明者	景山 岳春 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三 菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ヒートポンプ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷凍サイクルを実行する圧縮機、凝縮器、絞り機構および蒸発器を有し、前記凝縮器または前記蒸発器において熱移動を行うヒートポンプ装置であって、

前記圧縮機は、密閉容器と、該密閉容器の内部に搭載された圧縮機構および該圧縮機構を回転駆動する電動機と、前記圧縮機構によって圧縮される冷媒と、前記圧縮機構を潤滑する冷凍機油と、を具備し、

前記電動機は、前記密閉容器に固定され、絶縁材を介して巻線が巻き付けられている固定子と、該固定子に包囲された回転子とを具備し、

前記絶縁材は、モノマーとしてパラヒドロキシ安息香酸 (PHB) を必須成分とし、その他のモノマーとしてベンゼン環を有するものだけをエステル結合で分子の主鎖を構成した全芳香族液晶ポリエステル (LCP) であり、

前記冷媒は、

ジフルオロメタン (HFC-32) とエチレン系フッ化炭化水素とを含む複合体であって、前記ジフルオロメタン (HFC-32) に対する前記エチレン系フッ化炭化水素の比率が70重量%以下であることを特徴とするヒートポンプ装置。

【請求項2】

前記複合体は、

プロピレン系フッ化炭化水素を含むことを特徴とする請求項1に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 3】

前記冷凍機油の飽和水分量が、40、相対湿度80%、24Hrにおいて、2%以下であることを特徴とする請求項1又は2に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 4】

前記絶縁材である液晶ポリマーは、示差熱熱量計(DSC)によって測定される結晶化潜熱が、10J/g以下であることを特徴とする請求項1~3の何れか一項に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 5】

前記絶縁材は、エステル結合を有すモノマー成分として、パラヒドロキシ安息香酸(PHB)を必須成分とし、かつ、4,4'-ビフェノール(BP)、ヒドロキノン(HQ)、テレフタル酸(TPA)、イソフタル酸(IPA)および6-ヒドロキシ-2-ナフトエ酸(BON6)の5種のうちの1種以上を添加成分とし、合計で2種以上のモノマーを重縮合して得られる液晶ポリマーであることを特徴とする請求項1~4の何れか一項に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 6】

前記冷凍機油は、エステル系、エーテル系、グリコール系、アルキルベンゼン系、ポリオレフィン系、ポリビニールエーテル系、フッ素系、ナフテン系鉱油およびパラフィン系鉱油の少なくとも1種からなる単体または複合体であることを特徴とする請求項1~5の何れか一項に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 7】

前記エチレン系フッ化水素は、トランス-1,2,ジフルオロエチレン(R1132(E))、フルオロエチレン(R1141)、シス-1,2ジフルオロエチレン(R1132(Z))、1,1ジフルオロエチレン(R1132a)、1,1,2トリフルオロエチレン(R1123)の何れか1種の単体または何れか2種以上の複数が混合された複合体であることを特徴とする請求項1~6の何れか一項に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 8】

前記冷媒は、エチレン系フッ化炭化水素、またはそれを含む混合物冷媒であり、前記冷凍機油、圧縮機摺動部材(摺動部材に含浸させる冷凍機油)、絶縁材、巻線の表面塗布油、絶縁材、リード線被覆、クラスタのうち少なくとも1つに、前記冷媒の分解反応を抑制する難燃剤が含有されていることを特徴とする請求項1~7の何れか一項に記載のヒートポンプ装置。

## 【請求項 9】

前記難燃剤は、ハロゲン系難燃剤、リン系難燃剤、アンチモン化合物のうち少なくとも一つであることを特徴とする請求項8に記載のヒートポンプ装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

この発明はヒートポンプ装置、特に、電動機を収納した密閉容器を具備する圧縮機を有して冷凍サイクルを構成するヒートポンプ装置に関するものである。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来より、ヒートポンプ装置として、冷媒を圧縮する圧縮機、凝縮器、絞り機構、および蒸発器を順次連結して冷凍サイクルを実行し、凝縮器または蒸発器において冷媒の有する温熱または冷熱を熱媒体に受け渡す(熱移動する)ものがある。

圧縮機は、圧縮機構と該圧縮機構を回転駆動する電動機とを具備し、これらは密閉容器内に収納され、圧縮機構によって圧縮された高圧高温の冷媒は、一旦、密閉容器内に吐出されることから、電動機はかかる高圧高温の冷媒に晒されている。また、圧縮機構の回転を円滑にするため、密閉容器内には機械油(以下「冷凍機油」と称す)が貯められている。

## 【0003】

10

20

30

40

50

電動機は、密閉容器に固定された固定子と、固定子に包囲されて回転する回転子とを具備し、回転子は圧縮機構に接続されている。固定子は筒状であって、外周を形成するバックヨーク部と、バックヨーク部から中心に向かって突出する複数のティース部と、ティース部に絶縁材（インシュレータ）を介して巻き付けられた巻線（電線）と、を具備している。

そして、絶縁材（インシュレータ）として、エステル結合を持たないポリフェニレンサルファイド（PPS）を用いる発明が開示されている（例えば、特許文献1参照）。

また、絶縁材（インシュレータ）として、エステル結合を持つポリエチレンテレフタレート（PET）やポリエチレンナフタレート（PEN）を用いる発明が開示されている（例えば、特許文献2参照）。

10

#### 【0004】

また、ヒートポンプ装置に使われる冷媒については近年オゾン層破壊防止の観点から塩素を含まない冷媒への代替が行われたが、これら塩素を含まないHFC冷媒は比較的温暖化係数（GWP）が高いという課題があり、サイクル外への漏洩防止対策が取られたり、機器の廃棄時には冷媒回収義務が課せられるようになったが、回収率がまだ不十分であることから、更に低いGWPの冷媒への代替が検討されている。

定置型空調用冷媒としては従来R410Aが使われてきたが、GWPのより低いR32冷媒などへの代替が検討されている。

また、EUで更に低GWP冷媒へ規制される情勢にあり、候補冷媒にはCO<sub>2</sub>などの自然冷媒以外に、ハイドロオレフィン系冷媒であるプロピレン系フッ化炭化水素のHFO-1234yfなどの候補がある。

20

しかしながら、ハイドロオレフィン系冷媒は炭素の二重結合を持つ分子構造である。一般に炭素の（二重結合）や三重結合という官能基は、言い換えるとアルケンやアルキンのような（不飽和炭化水素）は、さまざまな分子が付加反応するという特徴を持っているため、従来の二重結合を持たない冷媒に対して、二重結合部が開裂しやすく、すなわち官能基が他の物質と反応しやすく化学的安定性が極端に劣る特性をもっている。

このため、圧縮機の中で高温となり、ハイドロオレフィンの1種であるプロピレン系フッ化炭化水素の分解や重合が発生しやすい摺動部の表面を非金属部品で構成することで冷媒の分解や重合を抑制する方法が示されている（例えば、特許文献3参照）。

また、テトラフルオロエチレンは、耐熱性、耐薬品性等の優れたフッ素樹脂、含フッ素エラストマー製造用のモノマーとして有用であるが、極めて重合しやすい物質なので、その重合を抑制するためにテトラフルオロエチレンの生成時から重合禁止剤を加える必要があり、その技術が示されている（例えば、特許文献4参照）。

30

#### 【先行技術文献】

##### 【特許文献】

#### 【0005】

【特許文献1】特開2000-324728号公報（第6頁、図2）

【特許文献2】特開2001-227827号公報（第3-4頁、図2）

【特許文献3】特開2009-299649号公報

【特許文献4】特開平11-246447号公報

40

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

特許文献1に記載された絶縁材であるエステル結合を持たないPPSは、パラジクロロベンゼンと硫化アルカリを高温高圧下で反応させて得られる[-ph-S-]の繰り返し構造からなる熱可塑性の結晶性エンブラであって、耐熱性に優れ、加水分解の心配がなく、成形性が良く、強度および剛性が高いという特性を有している。

しかしながら、熔融成形時において、固化速度が遅いため生産性の悪化を招いたり、バリが出易かったり、微量分解して硫黄ガスを生成することによって金型を腐食させたりするという問題があった。

50

一方、特許文献2に記載された絶縁材であるエステル結合を持つPET、PEN、およびポリブチレンテレフタレート(PBT)は、加水分解性を有するため、吸水性を有する冷凍機油を使用して、冷媒回路を循環する間に冷媒回路内の水分を吸収する必要があると共に、冷凍機油の吸湿性が高く水分量が多い場合は加水分解を起こすという問題があった。

特に空調機の場合、製品買い替え時には室外機と室内機を繋ぐ配管を施設済の既設配管をそのまま使用することがあり、その場合は空气中に暴露されたことにより管内壁に付着残留している冷凍機油に水分が吸収されたり管内壁に結露が生じていることがあり、その水分が冷凍サイクル内を循環している冷凍機油に吸収され飽和水分相当にまで水分率が上昇する可能性がある。その冷凍機油によって圧縮機内部に水分が持ち込まれるため、エステル結合を持つ絶縁材が加水分解するという課題があった。

10

#### 【0007】

R410AよりGWPの低いR32は、冷媒の熱的物性上、冷凍サイクル中で最も高温高圧となる圧縮機吐出部の温度が10~20程度上昇する。そのため圧縮機内に貯留される冷凍機油の吸水率が高いと、温度上昇によりエステル結合を持つ絶縁材の加水分解が促進されてしまうおそれがある。

R32より更にGWPの低いハイドロオレフィン系冷媒は従来の二重結合を持たない冷媒に対して、二重結合部が開裂しやすく、すなわち官能基が他の物質と反応しやすく化学的安定性が極端に劣る特性をもっている。

そのため、ハイドロオレフィン系冷媒であるプロピレン系フッ化炭化水素系冷媒、エチレン系フッ化炭化水素系冷媒はともに、冷媒分解生成物質により、圧縮機電動機の絶縁材を化学的に劣化させるという課題がある

20

プロピレン系フッ化炭化水素であるHFO-1234yf冷媒では、標準沸点が-29と高く、従来、定置式の空気調和機に用いられていたR410A冷媒(標準沸点-51)等に比べて、動作圧力が低く吸入容積当たりの冷凍能力が小さい。定置式の空気調和機にて、HFO-1234yf冷媒を使用しR410A冷媒と同等の冷凍能力を得るには、冷媒の体積流量を増大しなければならず、圧縮機の押しつけ量増大のための課題や、体積流量増大に伴う圧力損失増加、効率低下の課題があった。

#### 【0008】

したがって、定置式の空調機用に低GWP冷媒を適用するためには、標準沸点の低い低GWP冷媒が適当であり、一般的に、炭素数の少ない方が低沸点の冷媒となる傾向がある。したがって、従来の炭素数3のプロピレン系フッ化炭化水素より炭素数2のエチレン系フッ化炭化水素の方が低沸点な化合物、すなわち冷媒を得ることができる。

30

しかし、エチレン系フッ化炭化水素は、プロピレン系フッ化炭化水素により更に反応性が高く、熱的・化学的に不安定で分解や重合を発生しやすいため、特許文献4に示される方法だけでは分解や重合を抑制することが困難である。

また、エチレン系フッ化炭化水素を冷媒とするものは、冷媒生成直後から分解や重合を起こし易く、保管時であっても、分解や重合が発生する。保管時からの冷媒の分解、重合を抑制するために、エチレン系フッ化炭化水素を冷媒とするものには、冷媒生成時から特許文献2に示されるような冷媒の重合を抑制する重合禁止剤が添加される。しかしながら、冷媒に重合禁止剤が添加されていたとしても、冷媒は冷凍回路内で液体、気体と相変化を繰り返しながら循環するので、圧縮機中で高温となり重合を起こしやすい圧縮機の摺動部やモータの巻線部では、冷媒は気化する。重合禁止剤は気化した冷媒に添加され運び出されるので、圧縮機の摺動部やモータの巻線部に行渡らず、冷媒の重合を防止する効果を十分に得ることが困難であった。このため、エチレン系フッ化炭化水素の中には、重合反応による発熱等をきっかけとして爆発的な分解反応を起こすものがあることから、冷凍回路あるいは冷媒圧縮機の破損が生じるおそれがある。

40

#### 【0009】

この発明は、上記のような問題を解決するためになされたもので、第1の目的は、吸湿性が高く油中水分率の高い冷凍機油を使用して、またR32冷媒により圧縮機の吐出温度

50

が上昇しても加水分解をし難い絶縁材を使用することで、ヒートポンプ装置の長期信頼性を得るものである。

また、第2の目的は、絶縁材の溶融成形などの製造工程においてバリが出ず、また、硫黄を含んだガスの発生がなく、生産性の良い絶縁材を使用することで、低コストでヒートポンプ装置の長期信頼性を得るものである。

また、第3の目的は、分解しやすいプロピレン系フッ化炭化水素、エチレン系フッ化炭化水素、またはそれらを含む混合物を冷媒として用いても、冷媒分解生成物に侵され難い絶縁材を使用することでヒートポンプ装置の長期信頼性を得るものである。

また、第4の目的は、分解しやすいエチレン系フッ化炭化水素、またはそれを含む混合物を冷媒として用いても、圧縮要素の摺動部での冷媒の分解反応を抑制することによりヒートポンプ装置の長期信頼性を得るものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明に係るヒートポンプ装置は、冷凍サイクルを実行する圧縮機、凝縮器、絞り機構および蒸発器を有し、前記凝縮器または前記蒸発器において熱移動を行うヒートポンプ装置であって、前記圧縮機は、密閉容器と、該密閉容器の内部に搭載された圧縮機構および該圧縮機構を回転駆動する電動機と、前記圧縮機構によって圧縮される冷媒と、前記圧縮機構を潤滑する冷凍機油と、を具備し、前記電動機は、前記密閉容器に固定され、絶縁材を介して巻線が巻き付けられている固定子と、該固定子に包囲された回転子とを具備し、前記絶縁材は、モノマーとしてパラヒドロキシ安息香酸（PHB）を必須成分とし、その他のモノマーとしてベンゼン環を有するものだけをエステル結合で分子の主鎖を構成した全芳香族液晶ポリエステル（LCP）であり、前記冷媒は、ジフルオロメタン（HFC-32）とエチレン系フッ化炭化水素とを含む複合体であって、前記ジフルオロメタン（HFC-32）に対する前記エチレン系フッ化炭化水素の比率が70重量%以下であることを特徴とした。

【0011】

また、この発明に係るヒートポンプ装置は、用いる冷媒は、ジフルオロメタン（HFC-32）、プロピレン系フッ化炭化水素（HFO-1234yf）、エチレン系フッ化炭化水素の何れかからなる単体、あるいは2種以上からなる複合体、もしくは、ジフルオロメタン（HFC-32）とエチレン系フッ化炭化水素の混合物を含んだ複合体であって、R32に対するエチレン系フッ化炭化水素の比率が70重量%以下である。

上記、エチレン系フッ化炭化水素はトランス-1,2,ジフルオロエチレン（R1132（E））、フルオロエチレン（R1141）、シス-1,2ジフルオロエチレン（R1132（Z））、1,1ジフルオロエチレン（R1132a）、1,1,2トリフルオロエチレン（R1123）のいずれかであって、このうちから1種以上の複数が混合されていてもよい。

上記冷媒を用い、冷媒を圧縮する圧縮要素と、圧縮要素に設けられ摺動部を構成する摺動部品と、摺動部品に供給され摺動部を潤滑する冷凍機油と、を備えたことを特徴とする。

エチレン系フッ化炭化水素の爆発的な分解反応は、例えば、1,1,2トリフルオロエチレン（R1123）は、発熱等の刺激をきっかけとし、 $CF_2=CHF(g) \quad 1/2$   
 $CF_4(g) + 3/2 C(amorphous) + HF + 44.7 kcal/mol$  という不均化反応を起こす場合がある。この反応は、発熱等により自己反応が連鎖し、爆発的に進行する。

この反応を抑えるためには、自己反応を起さない別の冷媒を一定比率混合させればよく、標準沸点の近い冷媒であれば擬似共沸性が得られるので都合が良い。エチレン系フッ化炭化水素のトランス-1,2,ジフルオロエチレン（R1132（E））とR32の標準沸点はともに約-51であり擬似共沸性が得られるので混合するのに都合が良い。

【0012】

また、この発明に係るヒートポンプ装置は、プロピレン系フッ化炭化水素（HFO-1

10

20

30

40

50

234yf)、エチレン系フッ化炭化水素の何れかからなる単体、あるいは2種以上からなる複合体、もしくは、ジフルオロメタン(HFC-32)とエチレン系フッ化炭化水素の混合物を含んだ複合体であって、R32に対するエチレン系フッ化炭化水素の比率を70重量%以下とした冷媒を用い、冷媒を圧縮する圧縮要素と、圧縮要素に設けられ摺動部を構成する摺動部品と、摺動部品に供給され摺動部を潤滑する冷凍機油と、を備え、冷媒とともに冷凍機油に冷媒の分解反応を抑制する難燃剤を含有されたことを特徴とする。

通常の燃焼反応におけるハロゲン系難燃剤の作用機構は、次の通りである。高温下で難燃剤が分解するとハロゲン原子が生じ、ハロゲン原子は炭化水素等から水素原子を引き抜いてハロゲン化水素を生じさせる。ハロゲン化水素は燃焼ガス中の活性ラジカルと反応してこれを不活性化するが、このとき同時にハロゲン原子が再生し、この再生されたハロゲン原子がさらに活性ラジカルを不活性化する。このように、ハロゲン原子の生成を鍵とした触媒機構により、燃焼反応が効果的に抑制される。この作用機構において、フッ化水素は共有結合性が大きいいため、活性ラジカルを不活性化する効果は小さい。

#### 【0013】

また、リン系難燃剤も、燃焼ガス中での分解により生じたラジカル種が活性ラジカルを不活性化することにより、ハロゲン系難燃剤と同様の効果を発揮する。

エチレン系フッ化炭化水素の爆発的な分解反応も、発熱等により生じた活性ラジカルにより開始される。例えば、1,1,2トリフルオロエチレン(R1123)は、発熱等の刺激をきっかけとし、前記した不均化反応を起こす場合がある。この反応は、発熱等により生じた活性ラジカルがR1123分子と反応することで活性ラジカルの生成が連鎖し、爆発的に進行する。したがって、冷凍機油に難燃剤を含有させておけば、高温下では、活性ラジカルを不活性化するハロゲン化水素が難燃剤から生成し、爆発的な分解反応を効果的に抑制できる。

また、アンチモン化合物を添加することにより、ハロゲン系難燃剤の効果を增强することができる。アンチモン化合物は、単独での難燃効果はほとんどないものの、ハロゲン系難燃剤と段階的に反応してハロゲン化アンチモンを生成し、これがラジカルトラップとして作用することで難燃効果を発揮する。

また、冷凍機油以外に圧縮要素の摺動部品や絶縁材に冷媒の分解反応を抑制する難燃剤を含有させてもよい。

#### 【発明の効果】

#### 【0014】

本発明によれば、電動機の絶縁材が、エステル結合を有しモノマー成分として、パラヒドロキシ安息香酸(PHB)を必須成分とし、その他のモノマーとしてベンゼン環を有するものだけをエステル結合で分子の主鎖を構成した全芳香族液晶ポリエステル(LCP)であるため、吸水率が0.01%と極めて低く、40%、相対湿度80%、24Hrでの油中飽和水分率が2%以下の冷凍機油においては加水分解による絶縁機能の劣化が起り難いから、長期信頼性に優れたヒートポンプ装置を提供することができる。この効果は冷媒の種類に限定されないが、特にR32冷媒を使用した場合には圧縮機吐出部温度が上昇するのでより高い効果が得られる。

また、この発明に係るヒートポンプ装置は、プロピレン系フッ化炭化水素やエチレン系フッ化炭化水素を含んだ冷媒を用いても、絶縁材を、モノマーとしてパラヒドロキシ安息香酸(PHB)を必須成分とし、その他のモノマーとしてベンゼン環を有するものだけをエステル結合で分子の主鎖を構成した全芳香族液晶ポリエステル(LCP)としたので、冷媒分解生成物に絶縁材が侵され難い。そのため長期信頼性に優れたヒートポンプ装置を提供することができる。

また、この発明に係るヒートポンプ装置は、R32とエチレン系フッ化炭化水素を含んだ混合物であって、R32に対するエチレン系フッ化炭化水素の比率を70重量%以下とした冷媒を用いたので、圧縮要素の摺動部での冷媒の分解反応を抑制することができる。

また、この発明に係るヒートポンプ装置は、エチレン系フッ化炭化水素、またはそれを含む混合物を冷媒として用い、冷媒を圧縮する圧縮要素と、圧縮要素に設けられ摺動部を

10

20

30

40

50

構成する摺動部品と、摺動部品に供給され摺動部を潤滑する冷凍機油と、を備え、冷媒とともに冷凍機油や圧縮要素の摺動部品や絶縁材に冷媒の分解反応を抑制する難燃剤を含有させたので、圧縮要素の摺動部での冷媒の分解反応を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】本発明の実施の形態1に係るヒートポンプ装置を説明する基本構成を示す冷媒回路図。

【図2】図1に示すヒートポンプ装置の一部（圧縮機）を示す側面視の断面図。

【図3】図1に示すヒートポンプ装置の一部（断熱材）の耐加水分解性を示す特性図。

【図4】本発明の実施の形態2に係わるヒートポンプ装置を説明するものであって、250において、R32にエチレン系フッ化炭化水素冷媒のトランス-1,1,2トリフルオロエチレン（R1123(E)）を混合させ、混合比率および圧力変化させたときの不均化反応の発生する範囲を示した圧力-重量比率相関図。

【発明を実施するための形態】

【0016】

[実施の形態1]

図1および図2は、本発明の実施の形態1に係るヒートポンプ装置を説明するものであって、図1は基本構成を示す冷媒回路図、図2は一部（圧縮機）を示す側面視の断面図である。なお、各図は模式的に描かれたものであって、本発明は描かれた形態に限定されるものではない。

【0017】

（冷媒サイクル）

図1において、ヒートポンプ装置100は、冷媒を圧縮する圧縮機1と、圧縮機から流出した冷媒を凝縮する凝縮器3と、凝縮器3から流出した冷媒を断熱膨張させる絞り機構4と、絞り機構4から流出した冷媒を蒸発させる蒸発器5と、これらを順次接続して、冷媒を循環させる冷媒配管2と、を有している。なお、冷媒配管2には、必要に応じて、冷媒の流れ方向を変更する切り替え弁（例えば、四方弁）が設置されたり、凝縮器3や蒸発器5に向けて送風する送風機等が配置されたりする場合がある。

【0018】

（圧縮機）

図2において、圧縮機構9の回転を円滑にするため、密閉容器10の底部に、機械油（以下「冷凍機油」と称す）を貯留するための油溜まり8が設けられている。

圧縮機1は、密閉容器10と、密閉容器10内に配置された圧縮機構9と圧縮機構9を回転駆動する電動機6とを具備し、圧縮機構9の摺動部には冷凍機油が供給される。圧縮機構9によって圧縮された高圧高温の冷媒は、冷凍機油とともに一旦、密閉容器10内に吐出される。したがって、電動機6はかかる高圧高温の冷媒および冷凍機油に晒されている。

【0019】

（圧縮機構）

圧縮機構9は、主軸受け（上軸受け）9mおよび副軸受け（下軸受け）9sと、両者が両端面に密着しているシリンダ9cとによって形成された密閉空間（正確には冷媒が流入するための流入口および流出するための流出口が形成されている）と、該密閉空間内に配置された偏心円筒9eと、を具備している。

偏心円筒9eは駆動軸9aが固定され、駆動軸9aは主軸受け9mおよび副軸受け9sによって回転自在に支持されていることから、駆動軸9aの回転によって、偏心円筒9eは偏心した回転をする。

さらに、シリンダ9cに形成された放射状の複数の溝（図示しない）に、複数のペーン9bが進退自在に配置されて偏心円筒9eの外周面に押し付けられている。すなわち、一对のペーンによって挟まれて空間が複数形成され、該空間は、偏心円筒9eの回転によってその体積が変動することによって圧縮室を形成している。

## 【 0 0 2 0 】

( 電動機 )

電動機 6 は、密閉容器に固定された固定子 6 s と、固定子 6 s に包囲されて回転する回転子 6 r とを具備し、回転子 6 r に圧縮機構 9 を形成する駆動軸 9 a が固定されている。

固定子 6 s は筒状であって、外周を形成するバックヨーク部 ( 図示しない ) と、バックヨーク部から中心に向かって突出する複数のティース部 ( 図示しない ) と、ティース部に絶縁材 ( インシュレータ ) 7 を介して巻き付けられた巻線 ( 電線 ) 6 w と、を具備している。

また電動機に外部から電力を供給するため、巻線 ( 電線 ) 6 w にリード線 1 1 が結線され、リード線の先端には樹脂性のクラスタ 1 2 が接続されて、それが更にガラス端子 1 3 に接続されている。

10

## 【 0 0 2 1 】

( 冷媒 )

冷媒は、ジフルオロメタン ( H F C - 3 2 ) またはエチレン系フッ化炭化水素の何れかからなる単体、あるいは 2 種以上からなる複合体、もしくは、ジフルオロメタン ( H F C - 3 2 ) とエチレン系フッ化炭化水素の混合物を含んだ複合体であって、R 3 2 に対するエチレン系フッ化炭化水素の比率が 1 0 ~ 7 0 重量 % である。

上記、エチレン系フッ化炭化水素はトランス - 1 , 2 , ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 ( E ) )、フルオロエチレン ( R 1 1 4 1 )、シス - 1 , 2 ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 ( Z ) )、1 , 1 ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 a )、1 , 1 , 2 トリフルオロエチレン ( R 1 1 2 3 ) のいずれかであって、このうちから 1 種以上の複数が混合されていてもよい。

20

## 【 0 0 2 2 】

( 冷凍機油 )

冷凍機油は、密閉容器 1 0 の油溜まり 8 に貯留されるものであって、エステル系、エーテル系、グリコール系、アルキルベンゼン系、ポリオレフィン系、ポリビニールエーテル系、フッ素系、ナフテン系鉱油、パラフィン系鉱油の少なくとも 1 種である。すなわち、何れかの 1 種からなる単体、あるいは何れか 2 種以上からなる複合体である。

## 【 0 0 2 3 】

( 絶縁材 )

絶縁材 7 は「 L C P 」で形成されている。L C P は溶融時に液晶性を示す高分子の総称で、分子構造は複数あり、耐熱性や強度は構成されるモノマーに依存するため一定ではない。

30

絶縁材 7 を形成する L C P は、モノマー成分として、パラヒドロキシ安息香酸 ( P H B ) を必須成分とし、以下の添加成分を少なくとも一つ添加した合計で 2 成分以上のモノマーを共重合 ( 重縮合 ) して得られる熱可塑性樹脂である。

すなわち、添加成分は以下の 5 種の少なくとも一成分である。

4、4' - ビフェノール ( B P )、

ハイドロキノン ( H Q )、

テレフタル酸 ( T P A )、

イソフタル酸 ( I P A )、

6 - ヒドロキシ - 2 - ナフトエ酸 ( B O N 6 )。

40

例えば、絶縁材 7 は、P H B と B O N 6 との 2 成分系である「 L C P - A 」、または、前記必須成分および前記添加成分の全てを含む 6 成分系のモノマー ( P H B 、 B P 、 H Q 、 T P A 、 I P A 、 B O N 6 ) を重縮合して得られる「 L C P - B 」からなる。

## 【 0 0 2 4 】



【表 1】

樹脂種類	LCP 原料モノマー						吸水率	結晶化 潜熱
	PHB	BP	BON6	HQ	TPA	IPA		
LCP-A	○	—	○	—	—	—	0.01%	3J/g
LCP-B	○	○	○	○	○	○	0.01%	3J/g
PBT	—	—	—	—	—	—	0.10%	30J/g

## 【 0 0 2 5 】

表 1 において、LCP-A および LCP-B は、PBT (ポリブチレンテレフタレート) 単体に比べ、吸収率および結晶化潜熱が小さな値になっている。したがって、LCP-A および LCP-B は、耐熱性や抽出性に優れ、成形時の熔融粘度が低く薄肉での流動特性に優れ、熔融状態から固化するまでの熱量移動量が少ないため、固化速度が非常に速く、製造工程においてバリが生成し難いという特性を有している。

10

また、LCP-A および LCP-B は、示差熱熱量計 (DSC) で測定される結晶化潜熱が 10 J/g であるので、固化速度が速く、製造工程においてバリが出難い。したがって、ハイサイクル成形が可能になり、生産性が良いという特徴を有している。

## 【 0 0 2 6 】

すなわち、LCP は、エステル結合を有することから、分子構造上は加水分解をするものの、通常の樹脂のようにゴム状に分子が絡まった状態ではなく、剛直な分子が綿密に直線状に配向する液晶性樹脂であることから、吸水率が極めて低い。PBT 等のエンジニアプラスチックの吸水率が「0.1%」であるのに対し、LCP の吸水率は「0.01% (23、24 時間水中浸漬後)」であって、前者よりも一桁以上小さい値になっている。

20

したがって、絶縁材 7 を形成する LCP は、耐熱性や耐薬品性、抽出性に優れるため、前記何れの冷凍機油および冷媒に対しても安定性が高い。

## 【 0 0 2 7 】

図 3 は、本発明の実施の形態 1 に係るヒートポンプ装置を説明するものであって、一部 (絶縁材) の耐加水分解性を示す特性図である。

図 3 において、縦軸は引張強度保持率 (初期の強度に対する試験後の強度の割合) で、横軸は冷凍機油の油中水分率である。

30

冷凍機油を吸湿性の高いエーテル油とし、冷媒を R32 冷媒として、両者を入れた容器内に、LCP-A、LCP-B、および比較のための PBT をそれぞれ、150 で 500 時間浸漬したときの引張強度保持率を求めている。

一般に絶縁材料は、実機圧縮機の実用試験などから、引張強度保持率で 50% 前後が要求され、UL や電気安全法などの規格による要求寿命は 2 万時間程度であり、これは空調機の買い替えサイクル 10 年間でのおよそその積算運転時間と同程度である。

また温度上昇により材料の化学的劣化が促進されることが知られており、10 上昇で強度などの物性がおおよそ半減するとされている (10 2 倍則)。空調機で使用される圧縮機の場合、定常運転時の内部温度は最大 70 程度であるので、試験温度が 150 であればその差は 80 であるので、10 2 倍則から 2.56 倍の加速に相当する。

40

R410A 冷媒に対して R32 冷媒は温度が 10 ~ 20 上昇するので、内部温度は最大で約 90 となる。この場合でも加速倍率は 6.4 倍であるので、6.4 倍 × 500 時間 = 32,000 時間相当となり、空調機の要求寿命に対して十分な評価時間である。

## 【 0 0 2 8 】

このとき、図 3 から明らかなように、比較材である PBT は、油中水分率が 0.1% であっても、引張強度保持率は 60% 程度でしかなく、しかも、油中水分率が 0.2% になると、引張強度保持率が急激に減少し、油中水分率が 0.5% 以上では、10% の低い値である。

一方、本発明の LCP-A および LCP-B は、何れも油中水分率が増加するに伴って、引張強度保持率が低下するものの、水分率が 2% 以下の範囲では、引張強度保持率が 7

50

0%以上を確保している。

したがって、本発明のLCP-AおよびLCP-Bは、冷凍機油の水分量が2%以下であれば、十分な絶縁機能を保持しており、信頼性の高い電動機6、信頼性の高いヒートポンプ装置100を提供することができる。

#### 【0029】

なお、以上は、2成分系であるLCP-Aと6成分系のLCP-Bとが同様の耐加水分解特性を示していることから、PHBを含む限り、3成分系の全ての組み合わせからなるモノマーや、4成分系ないし5成分系の全ての組み合わせからなるモノマーにおいても、同様の耐加水分解特性が得られている。

なお、LCPは、熔融状態で固体と液体の中間状態を示す樹脂で、いわば棒状の分子がたくさん並んだ状態であり、熔融時そのままに近い状態で固化することが特徴である。すなわち、熔融状態で射出や押出によるせん断力を受けて、さらに分子が綿密に配向することによって、分子間隙への水分子の侵入、浸透が防止されることが、LPCが加水分解性に優れている理由である。

したがって、このLCPの構造上の理由により、エステル結合を持つ通常のPETやPBT等の樹脂に対して、加水分解性は断然有利になっている。水以外の化学物質も浸透し難いために耐薬品性が極めて優れている。

また、モノマーの6成分自体も全て芳香環を持った骨格の強い分子で構成された全芳香族系のLCPであるため、さらに加水分解し難く、耐薬品性に優れたものになっている。

#### 【0030】

##### [実施の形態2]

図4は本発明の実施の形態2に係わるヒートポンプ装置を説明するものであって、250において、R32にエチレン系フッ化炭化水素冷媒のトランス-1,1,2トリフルオロエチレン(R1123(E))を混合させ、混合比率および圧力変化させたときの不均化反応の発生する範囲を示した圧力-重量比率相関図である。本発明の実施の形態2に係わるヒートポンプ装置は、冷媒回路、圧縮機、電動機、冷凍機油は実施の形態1と同一の構成であり、冷媒のみ構成を変えている。

図4から、R1123(E)の混合比率上昇とともに、また圧力の上昇とともに不均化反応が発生しやすい傾向が分かる。

実施の形態2のヒートポンプ装置では冷媒圧力は最大でも6MPaである。使用する圧力範囲内で、エチレン系フッ化炭化水素冷媒(1,1,2トリフルオロエチレン(R1123(E)))の比率を70重量%以下としたので、不均化反応が起こらず、冷凍サイクルあるいは冷媒圧縮機の破損を防止するとともに、R32冷媒によって圧縮機吐出の温度が上昇しても冷凍機油の飽和水分量が2%以下であれば、絶縁材が加水分解せずに十分な絶縁機能を保持しており、信頼性の高い電動機6、信頼性の高いヒートポンプ装置100を提供することができる。

上記の説明において、エチレン系フッ化炭化水素冷媒として、トランス-1,2,ジフルオロエチレン(R1132(E))を用いる例を示したが、フルオロエチレン(R1141)、シス-1,2ジフルオロエチレン(R1132(Z))、1,1ジフルオロエチレン(R1132a)、1,1,2トリフルオロエチレン(R1123)のいずれかであって、このうちから1種以上の複数が混合されていても同様の効果がある。

#### 【0031】

##### [実施の形態3]

実施の形態3で使用する冷媒は、プロピレン系フッ化炭化水素(HFO-1234yf)、エチレン系フッ化炭化水素の何れかからなる単体、あるいは2種以上からなる複合体、もしくは、ジフルオロメタン(HFC-32)とエチレン系フッ化炭化水素の混合物を含んだ複合体であって、R32に対するエチレン系フッ化炭化水素の比率が70重量%以下である。

上記、エチレン系フッ化炭化水素はトランス-1,2,ジフルオロエチレン(R1132(E))、フルオロエチレン(R1141)、シス-1,2ジフルオロエチレン(R1

10

20

30

40

50

1 3 2 ( Z ) )、1, 1ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 a )、1, 1, 2トリフルオロエチレン ( R 1 1 2 3 ) のいずれかであって、このうちから1種以上の複数が混合されていてもよい。

プロピレン系フッ化炭化水素や、エチレン系フッ化炭化水素冷媒は、熱的・化学的に不安定であり、化学反応による分解や重合が発生しやすい。特に高温となる部分で冷媒の化学反応は促進され分解反応が発生しやすい。よって、冷媒の分解反応を抑制するため、例えば、高温部に難燃剤を付着させるなどの対策が必要となる。

前述の圧縮要素の摺動部や電動要素の巻線部は、圧縮機の中でも高温となる部分である。圧縮要素の摺動部は、圧縮要素を構成する部品同士が摺動することで発熱し、電動要素の巻線部は、回転子6rを回転させるために巻線に電流を流すことで発熱する。

10

#### 【 0 0 3 2 】

エチレン系フッ化炭化水素は、反応性が高く、常温で保管中でも、分解や重合を起こす。そのため、エチレン系フッ化炭化水素を冷媒とするものには、冷媒生成時から冷媒の重合を抑制する重合禁止剤を添加し、例えば、保管時であっても、常にエチレン系フッ化炭化水素には重合禁止剤を混合させている。エチレン系フッ化炭化水素と重合禁止剤とが分離される状態では使用・保管はしていない。しかしながら、圧縮機内では金属同士の摺動によって冷媒の分解が進むため、分解物が重合する機会が高く、冷媒に重合禁止剤が添加されていたとしても、高温の圧縮要素の摺動部や電動要素の巻線部では、冷媒が気化し、気体となった冷媒とともに重合禁止剤も運び出されて、高温の圧縮要素の摺動部や電動要素の巻線部に残らず、重合禁止剤の十分な効果が発揮できない。そのため、冷媒の重合による発熱等がきっかけとなって爆発的な分解反応が生じ、冷凍回路あるいは冷媒圧縮機が破損する恐れがある。

20

テトラプロモビスフェノールA ( T B B A ) を含有した冷凍機油を用いると、高温等により分解反応のきっかけとなる活性ラジカルが発生した場合でも、これを効果的に不活性化し、分解反応を効果的に抑制することができる。

これにより、分解反応を発生しやすい高温部ではテトラプロモビスフェノールA ( T B B A ) を含有した冷凍機油により分解反応を防止することができ、分解反応を発生しやすい冷媒を用いても十分な信頼性を維持することができる。

#### 【 0 0 3 3 】

上記の説明において、エチレン系フッ化炭化水素冷媒として、トランス - 1, 2, ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 ( E ) ) を用いる例を示したが、フルオロエチレン ( R 1 1 4 1 )、シス - 1, 2ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 ( Z ) )、1, 1ジフルオロエチレン ( R 1 1 3 2 a )、1, 1, 2トリフルオロエチレン ( R 1 1 2 3 ) 等を用いても同様の効果がある。

30

また、上記の説明において、冷凍機油に含有する難燃剤として、テトラプロモビスフェノールA ( T B B A ) を用いているが、T B B Aカーボネートオリゴマー、T B B Aエポキシオリゴマー、デカプロモジフェニルエーテル、ヘキサプロモシクロドデカン、ビス(ペンタプロモフェニル)エタン、ビス(テトラプロモフタルイミド)エタン、臭素化ポリスチレン、デクロラン、クロレンド酸、無水クロレンド酸、等のハロゲン系難燃剤であってもよい。

40

また、難燃剤は、トリフェニルホスフェート、トリクレジルホスフェート、トリキシレニルホスフェート、1, 3 - フェニレンビス(ジフェニルホスフェート)、1, 3 - フェニレン - ビス(ジキシレニルホスフェート)、ビスフェノールA - ビス(ジフェニルホスフェート)、トリス(ジクロロプロピル)ホスフェート、トリス( - クロロプロピル)ホスフェート、2, 2 - ビス(クロロメチル)トリメチレンビス(ビス(2 - クロロエチル)ホスフェート)、赤リン、等のリン系難燃剤であってもよい。

#### 【 0 0 3 4 】

##### [ 実施の形態 4 ]

実施の形態3においては、高温となる部分において、難燃剤を含有させた冷凍機油が十分に存在することにより冷媒の分解反応を防止する方法を示したが、摺動部品にあらかじ

50

め難燃剤を含有させておくこともできる。その方法について、説明する。

実施の形態 4 に示す、圧縮機構を構成する摺動部品のシリンダ 9 c、駆動軸 9 a、ベーン 9 b、主軸受け 9 m、副軸受け 9 s は、多孔質である焼結や鋳鉄部品で構成することが可能である。これらの摺動部品にあらかじめ難燃剤または難燃剤を含有する冷凍機油を含浸させておいてから圧縮機を組み立てる。これにより、高温となりやすい圧縮機摺動部品から難燃剤が染み出して冷媒の分解反応を抑制する効果を更に高める効果がある。

これによって、圧縮要素の摺動部への冷凍機油が十分ではない状態で、冷媒の分解条件が揃ったとしても、保持されている難燃剤により、冷媒の分解反応を抑制することができる。

また、この場合、摺動部品に、三酸化アンチモン、五酸化アンチモン、等のアンチモン化合物を含有させておくことにより、実施の形態 3 に示したハロゲン系難燃剤の効果を増強することができる。

#### 【 0 0 3 5 】

##### [ 実施の形態 5 ]

摺動部以外で高温となりやすい電動要素の巻線部および巻線に接する絶縁材 7、リード線 1 1 の被覆樹脂、クラスター 1 2 においても、実施の形態 4 同様、あらかじめ難燃剤を含有させておくこともできる。その方法について、実施の形態 5 として以下に説明する。

電動要素の巻線部 1 2 b において、断面が円形の巻線では、巻線と巻線の間には隙間が生じる。巻線間の隙間は、摺動部品の多孔質と同様に、難燃剤あるいは難燃剤を含有する冷凍機油を含有、保持させることができる。例えば、表面潤滑性を付与して、巻線の加工性をよくさせる為に巻線表面に塗布する塗布油中に含有させたり、あるいは巻線を難燃剤に浸漬させたりする。これにより巻線 6 w 中の難燃剤が分解反応の発生する巻線部に充分供給されることにより、冷媒の分解反応を抑制する効果を高めることができる。

これによって、電動要素の巻線部への冷凍機油が十分ではない状態で、冷媒の分解条件が揃ったとしても、保持されている難燃剤により、冷媒の分解反応を抑制することができる。

また、絶縁材 7、リード線 1 1 の被覆樹脂、クラスター 1 2 についても樹脂製造のコンパウンド工程中などに難燃材を混合させることにより上記と同様の効果を得られる。

#### 【 0 0 3 6 】

##### [ 実施の形態 6 ]

以上の実施の形態 1 ~ 5 において使用される冷凍機油の中には、通常摩耗防止剤が含有されることが一般的である。摩耗防止剤は、自身が分解することで摺動部品の摩耗を防止する機能を有するが、この摩耗防止剤の分解物が、重合、分解しやすいエチレン系フッ素炭素水素あるいはその混合物の分解物と反応し固形物を生成することが知られている。この固形物は冷凍サイクル内の膨張弁、キャピラリーチューブなどの径の細い流路で堆積し、つまりを生じ、冷却不良を引き起こす恐れがある。

実施の形態 6 においては、冷凍機油を適切に選定し、摩耗防止剤を含まないようにしたので、摩耗防止剤の分解物とエチレン系フッ素炭化水素およびその混合物の分解物との反応による固形物の発生がなく、冷凍回路上の詰まりのない、長期にわたって良好な性能を保つことのできる冷媒圧縮機を得ることができる。

#### 【 符号の説明 】

##### 【 0 0 3 7 】

1 圧縮機、2 冷媒配管、3 凝縮器、4 絞り機構、5 蒸発器、6 電動機、6 r 回転子、6 s 固定子、6 w 巻線、7 絶縁材、8 油溜まり、9 圧縮機構、9 a 駆動軸、9 b ベーン、9 c シリンダ、9 e 偏心円筒、9 m 主軸受け（上軸受け）、9 s 副軸受け（下軸受け）、10 密閉容器、11 リード線、12 クラスター、12 b 電動要素の巻線部、13 ガラス端子、100 ヒートポンプ装置。

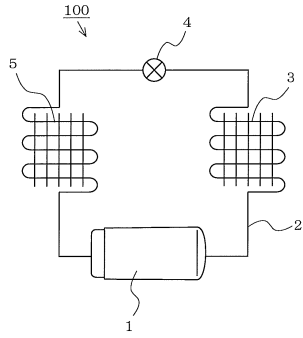
10

20

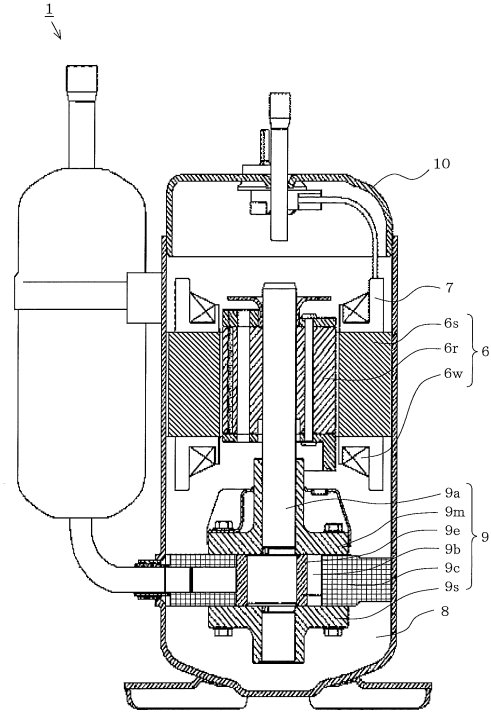
30

40

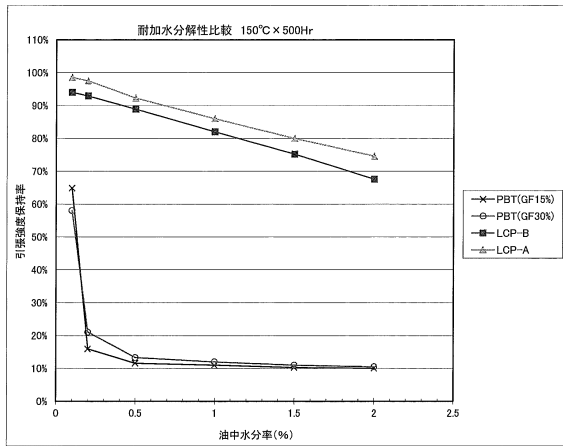
【図1】



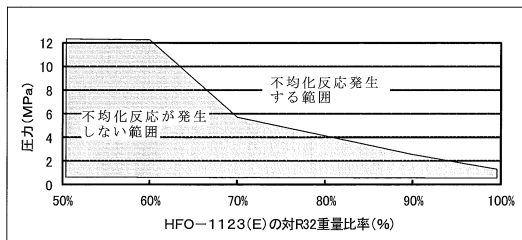
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 外山 悟  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 水野 康太  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
- (72)発明者 平川 寛  
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 鈴木 充

- (56)参考文献 特開2004-208446(JP,A)  
特開2004-052730(JP,A)  
国際公開第2012/157764(WO,A1)  
特表2007-511644(JP,A)  
特開平10-159730(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F25B 1/00、31/02  
F04B 39/00  
F04C 29/00