

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5113902号
(P5113902)

(45) 発行日 平成25年1月9日(2013.1.9)

(24) 登録日 平成24年10月19日(2012.10.19)

(51) Int.Cl.	F I
F O 4 B 39/00 (2006.01)	F O 4 B 39/00 A
F O 4 C 18/356 (2006.01)	F O 4 C 18/356 W
F O 4 C 29/00 (2006.01)	F O 4 C 29/00 U
C 2 3 C 30/00 (2006.01)	C 2 3 C 30/00 A

請求項の数 10 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2010-503830 (P2010-503830)	(73) 特許権者	505461072
(86) (22) 出願日	平成21年3月6日(2009.3.6)		東芝キャリア株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/054263		東京都港区高輪三丁目23番17号
(87) 国際公開番号	W02009/116405	(74) 代理人	100083806
(87) 国際公開日	平成21年9月24日(2009.9.24)		弁理士 三好 秀和
審査請求日	平成22年8月26日(2010.8.26)	(72) 発明者	渡辺 哲永
(31) 優先権主張番号	特願2008-74607 (P2008-74607)		静岡県富士市蓼原336 東芝キャリア株式会社内
(32) 優先日	平成20年3月21日(2008.3.21)		
(33) 優先権主張国	日本国(JP)		
		審査官	尾崎 和寛
		(56) 参考文献	特開2007-32360 (JP, A)
			特開平5-202477 (JP, A)
			特開昭63-262467 (JP, A)
			特開昭63-286334 (JP, A)
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 冷媒圧縮機及び冷凍サイクル装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

冷凍サイクルに使用される冷媒を圧縮する圧縮機構部を備えた冷媒圧縮機において、
前記圧縮機構部の摺動部材の少なくとも1つが工具鋼で形成され、

クロムの単一層からなる第1の層と、クロムとタングステンカーバイトとの合金層からなる第2の層と、タングステン及びタングステンカーバイトの少なくとも一方を含有した金属含有アモルファス炭素層からなる第3の層と、金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層からなる第4の層とが、前記摺動部材の表面に順に形成され、

前記第2の層は、クロム含有率が前記第3の層側より前記第1の層側で高く、かつ、タングステンカーバイトの含有率が前記第1の層側より前記第3の層側で高くなるように形成され、

前記第3の層は、タングステン又はタングステンカーバイトの含有率が前記第4の層側より前記第2の層側が高くなるように形成されているもの。

【請求項2】

請求項1に記載の冷媒圧縮機であって、

前記冷凍機油にはリン系又は硫黄系の耐荷重添加剤が、前記圧縮機構部を潤滑する冷凍機油に添加されているもの。

【請求項3】

請求項1に記載の冷媒圧縮機であって、

前記摺動部材が摺動する相手材は、球状又は片状の黒鉛形態をした鋳鉄であるもの。

10

20

【請求項 4】

請求項 1 に記載の冷媒圧縮機であって、

前記摺動部材の表面に形成された前記第 4 の層の厚さ寸法が、前記摺動部材の表面に形成された前記第 3 の層の厚さ寸法より大きいもの。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の冷媒圧縮機において、

前記摺動部材の表面に形成された前記第 4 の層は、シリコンとシリコンカーバイドの少なくとも一方を含有するもの。

【請求項 6】

冷凍サイクル装置であって、

冷凍サイクルに使用される冷媒を圧縮する圧縮機構部を備えた冷媒圧縮機と、凝縮器と、膨張装置と、蒸発器とを備え、
前記冷媒圧縮機は、

前記圧縮機構部の摺動部材の少なくとも 1 つが工具鋼で形成され、

クロムの単一層からなる第 1 の層と、クロムとタングステンカーバイドとの合金層からなる第 2 の層と、タングステン及びタングステンカーバイドの少なくとも一方を含有した金属含有アモルファス炭素層からなる第 3 の層と、金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層からなる第 4 の層とが、前記摺動部材の表面に順に形成され、

前記第 2 の層は、クロム含有率が前記第 3 の層側より前記第 1 の層側で高く、かつ、タングステンカーバイドの含有率が前記第 1 の層側より前記第 3 の層側で高くなるように形成され、

前記第 3 の層は、タングステン又はタングステンカーバイドの含有率が前記第 4 の層側より前記第 2 の層側が高くなるように形成されているもの。

【請求項 7】

請求項 6 に記載の冷凍サイクル装置であって、

前記冷凍機油にはリン系又は硫黄系の耐荷重添加剤が、前記圧縮機構部を潤滑する冷凍機油に添加されているもの。

【請求項 8】

請求項 6 に記載の冷凍サイクル装置であって、

前記摺動部材が摺動する相手材は、球状又は片状の黒鉛形態をした鋳鉄であるもの。

【請求項 9】

請求項 6 に記載の冷凍サイクル装置であって、

前記摺動部材の表面に形成された前記第 4 の層の厚さ寸法が、前記摺動部材の表面に形成された前記第 3 の層の厚さ寸法より大きいもの。

【請求項 10】

請求項 6 に記載の冷凍サイクル装置であって、

前記摺動部材の表面に形成された前記第 4 の層は、シリコンとシリコンカーバイドの少なくとも一方を含有するもの。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷媒圧縮機及び冷凍サイクル装置に関し、特に、耐摩耗性と密着力とに優れた被膜を有する摺動部材を備えた冷媒圧縮機及び冷凍サイクル装置に関する。

【背景技術】

【0002】

冷凍サイクル装置は、室内を冷暖房する空気調和機、冷蔵庫、冷凍ショーケースなどの冷凍装置、さらには近年ではヒートポンプ式給湯器にも利用されている。これらの冷凍サイクル装置は、冷媒圧縮機を組み込み、HFC系冷媒もしくはその他HC系やCO₂等の自然冷媒などの冷媒を循環させる。

【0003】

このような冷媒圧縮機として、特許文献1に記載されたものが知られている。この従来の冷媒圧縮機は、密閉ケース内に電動機部及びこの電動機部と回転軸を介して連結された圧縮機構部を収納する。そして、シリンダが圧縮機構部に設けられ、偏心ローラがシリンダ内に配置され、摺動部材であるペーンの先端部が偏心ローラの周面に弾性的に当接される。そして、偏心ローラが電動機部に駆動されて回転すると、偏心ローラとペーンとが摺動する。

【0004】

このとき、偏心ローラとペーンの摺動によりペーン表面が磨耗することを抑制するため、アモルファス炭素層を含む被膜がペーンの表面に形成される。

【0005】

また、特許文献1に記載された従来の冷媒圧縮機では、皮膜としてアモルファス炭素層が単層又は2層ペーン表面に形成される。そして、アモルファス炭素層が2層形成された場合には、下層（ペーンの母材側）が水素含有アモルファス炭素層、上層が金属含有アモルファス炭素層とされる。

【0006】

そして、更に、ペーンの母材の表面には窒化層が形成され、この窒化層の上に中間層が形成され、中間層の上にアモルファス炭素層が形成される。これらの窒化層や中間層は、ペーンの母材とアモルファス炭素層との間の硬度差を緩やかに変化させるために形成される。このように、窒化層と中間層との間および、中間層とアモルファス炭素層との間の硬度差を小さくすることにより、それらの間の密着性が向上する。その結果、アモルファス炭素層がペーン表面から剥離することが抑制される。

【特許文献1】特開2007-32360号公報

【発明の開示】

【0007】

上記のように、特許文献1に記載された従来の冷媒圧縮機のペーンは、ペーンの母材の表面に窒化層を形成し、さらに、その上に中間層とアモルファス炭素層とを形成する。

【0008】

しかし、窒化層、中間層、アモルファス炭素層の形成は、それぞれ異なる処理である。従って、これらの層の形成を連続処理するためには、それに対応した処理炉や処理プログラムが必要となる。このため、製造上の制約があり、コスト高となっている。

【0009】

また、窒化層は、表面に窒素化合物層が存在していると密着力の大幅な低下を招くため、窒化層の表面は拡散層のみとしている。窒化層の表面を拡散層のみとする方法は、窒素化合物層を除去する方法と、窒化处理で窒素化合物層を生成させない方法とがある。窒素化合物を除去する場合は、部品精度の維持が困難であり、加工ロスなどにより歩留まりが低下する原因となる。一方、窒化处理で窒素化合物層を生成させない場合は、窒化によりペーンの母材の表面粗さが悪化するため、アモルファス炭素層の表面粗さも悪化するという問題がある。

【0010】

本発明はこのような課題を解決するためになされたものであり、その目的は、冷媒圧縮機の摺動部材表面にアモルファス炭素層を形成する場合、そのアモルファス炭素層の剥離抑制を安価な構造により行なうことである。

【0011】

本発明の第1の特徴に係る冷媒圧縮機は、冷凍サイクルに使用される冷媒を圧縮する圧縮機構部を備え、前記圧縮機構部の摺動部材の少なくとも1つを工具鋼で形成する。そして、クロムの単一層からなる第1の層と、クロムとタングステンカーバイドの合金層からなる第2の層と、タングステン及びタングステンカーバイドの少なくとも一方を含有した金属含有アモルファス炭素層からなる第3の層と、金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層からなる第4の層とが、工具鋼で形成した前記摺動部材の表面に順に形成される。このとき、前記第2の層は、クロム含有率が前記第3の層側より前記第1の層

10

20

30

40

50

側で高く、かつ、タングステンカーバイトの含有率が前記第1の層側より前記第3の層側で高くなるように形成される。また、前記第3の層は、タングステン又はタングステンカーバイトの含有率が前記第4の層側より前記第2の層側が高くなるように形成される。

【0012】

本発明の第2の特徴に係る冷凍サイクル装置は、本発明の第1の特徴に係る冷媒圧縮機と、凝縮器と、膨張装置と、蒸発器と、を備える。

【0013】

本発明の特徴によれば、冷媒圧縮機の摺動部材表面にアモルファス炭素層を形成する場合、そのアモルファス炭素層の剥離抑制を安価な構造により行なうことができる。

【図面の簡単な説明】

10

【0014】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る冷媒圧縮機を用いた冷凍サイクル装置を示す概略図である。

【図2】冷媒圧縮機の一部を構成するシリンダとローラとベーンとを示す斜視図である。

【図3】ベーンの先端側の一部を示す断面図である。

【図4】被膜の剥離荷重を従来例と比較して示すグラフである。

【図5】被膜の表面粗さを従来例と比較して示すグラフである。

【図6】本発明の第2の実施形態におけるベーンの被膜の磨耗量を測定する装置を示す斜視図である。

【図7】比較する従来例のベーンの先端部の一部を示す断面図である。

20

【図8】冷凍機油に耐荷重添加剤を添加した場合の磨耗低減率を示すグラフである。

【図9】本発明の第3の実施形態において、ベーンが当接する相手材の材質が球状黒鉛鋳鉄の場合には被膜の磨耗量が少なくなることを示すグラフである。

【図10】本発明の第4の実施形態において、第4の層の厚さ寸法を第3の厚さ寸法より大きくすることにより被膜の欠け・剥離の発生率が低下することを示すグラフである。

【図11】本発明の第5の実施形態のベーンの先端部の一部を示す断面図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態を図面を用いて説明する。

【0016】

30

(第1の実施形態)

本発明の第1の実施形態の冷媒圧縮機を備えた冷凍サイクル装置1について、図1～5に基づいて説明する。

【0017】

本発明の第1の実施形態の冷凍サイクル装置1は、図1に示すように、密閉型回転式の冷媒圧縮機2と、凝縮器3と、膨張装置4と、蒸発器5と、を備える。また、冷凍サイクル装置1は、冷媒として、HFC冷媒、HC（炭化水素系）冷媒、または、二酸化炭素冷媒を用いる。冷媒圧縮機2は2シリンダ型であり、密閉ケース2aを備える。密閉ケース2a内には、電動機部6と圧縮機構部である回転圧縮機構部7とが収納される。そして、電動機部6は、第1の偏心部8aと第2の偏心部8bを有する回転軸8を介して、回転圧縮機構部7と連結される。

40

【0018】

電動機部6は、回転子6aと固定子6bとからなる。電動機部6は、インバータで駆動されるブラシレスDC同期モータ、ACモータ、若しくは商用電源で駆動されるモータであっても良い。

【0019】

冷凍機油9が密閉ケース2aの底部に貯留され、回転圧縮機構部7を潤滑する。冷凍機油9としては、ポリオールエステル油、エーテル系油、鉱物油、アルキルベンゼン油、PAG油の単一油又は混合油が用いられる。

【0020】

50

回転圧縮機構部 7 は、第 1 の圧縮機構部 7 a と第 2 の圧縮機構部 7 b とからなる。第 1 の圧縮機構部 7 a は、第 1 のシリンダ室 10 a を形成する第 1 のシリンダ 11 a を備える。第 2 の圧縮機構部 7 b は、第 2 のシリンダ室 10 b を形成する第 2 のシリンダ 11 b を備える。偏心回転(公転)する第 1 のローラ 12 a が第 1 のシリンダ室 10 a 内に設けられる。偏心回転(公転)する第 2 のローラ 12 b が第 2 のシリンダ室 10 b 内に設けられる。第 1 のベーン 13 a が第 1 のシリンダ 11 a に配設される。第 2 のベーン 13 b が第 2 のシリンダ 11 b に配設される。図 1 にはベーン 13 b のみを図示する。第 1 のベーン 13 a は、第 1 のローラ 12 a の外周面に接して往復動し、第 1 のシリンダ室 10 a 内を吸込室と圧縮室とに仕切る摺動部材である。第 2 のベーン 13 b は、第 2 のローラ 12 b の外周面に接して往復動し、第 2 のシリンダ室 10 b 内を吸込室と圧縮室とに仕切る摺動部材である。したがって、第 1 のベーン 13 a は、その先端面が第 1 のローラ 12 a の外周面と摺動し、その側面が第 1 のシリンダ 11 a に形成された第 1 の溝 14 a の側面と摺動する。また、第 2 のベーン 13 b は、その先端面が第 2 のローラ 12 b の外周面と摺動し、その側面が第 2 のシリンダ 11 b に形成された第 2 の溝 14 b の側面と摺動する(図 2 に溝 14 b のみを図示)。

10

【0021】

第 1 の圧縮機構部 7 a の第 1 のシリンダ室 10 a は、蓋部材としての主軸受 15 と仕切り板 16 とで覆われる。第 2 の圧縮機構部 7 b の第 2 のシリンダ室 10 b は、蓋部材としての副軸受 17 と仕切り板 16 とで覆われる。主軸受 15 には、第 1 の吐出孔 18 a と第 1 の吐出弁 19 a とが設けられる。副軸受 17 には、第 2 の吐出孔 18 b と第 2 の吐出弁 19 b とが設けられる(第 1 の吐出孔 18 a と第 2 の吐出孔 18 b は図示せず)。

20

【0022】

密閉ケース 2 a の上面部には、圧縮冷媒ガスを吐出させる吐出管 20 が接続される。また、密閉ケース 2 a の側面下部側には、吸込み管 21 及びアキュムレータ 22 が接続される。

【0023】

第 2 の圧縮機構部 7 b は、図 2 に示すよう、第 2 のシリンダ 11 b と第 2 のローラ 12 b と第 2 のベーン 13 b 等により構成される。なお、第 1 の圧縮機構部 7 a は第 2 の圧縮機構部 7 b と同じ構成である。第 1 の圧縮機構部 7 a は、第 1 のシリンダ 11 a と第 1 のローラ 12 a と第 1 のベーン 13 a 等により構成される。

30

【0024】

図 3 に示すよう、ベーン 13 b は、硬度 HRC 63 に調質した高速度工具鋼(SKH51)を母材 23 として形成される。そして、母材 23 の先端側の表面に、クロム(Cr)の単一層からなる第 1 の層 24 と、クロムとタングステンカーバイド(WC)との合金層からなる第 2 の層 25 と、タングステン(W)を含有するアモルファス炭素層からなる第 3 の層 26 と、金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層からなる第 4 の層 27 とが、順番に形成される。なお、第 3 の層 26 は、タングステンに代えてタングステンカーバイドを含有するアモルファス炭素層としてもよく、又は、タングステンとタングステンカーバイドとの双方を含有するアモルファス炭素層としてもよい。

【0025】

第 2 の層 25 は、クロムの含有率が第 3 の層 26 より第 1 の層 24 側で高く、かつ、タングステンカーバイドの含有率が第 1 の層 24 側より第 3 の層 26 側で高くなるように形成される。

40

【0026】

第 3 の層 26 は、タングステンの含有率が第 4 の層 27 側より第 2 の層 25 側が高くなるように形成される。

【0027】

各層 24、25、26、27 の厚さ寸法は、第 1 の層 24 が 0.2 μm、第 2 の層 25 が 0.3 μm、第 3 の層 26 が 1.25 μm、第 4 の層 27 が 1.25 μm である。そして、各層 24 ~ 27 からなる被膜 28 は全体で 3 μm となる。各層 24 ~ 27 からなる被

50

膜 2 8 の信頼性を考えると、被膜 2 8 は 2 ～ 5 μm の厚さが好ましい。

【0028】

また、被膜 2 8 の表面硬度は、磨耗特性に影響するが、HV(0.025)2000未満では、アモルファス炭素層の高硬度材としての効果を発揮できない。一方、被膜 2 8 の表面硬度がHV(0.025)4000以上では、相手材の磨耗を引き起こす場合がある。従って、被膜 2 8 の表面硬度はHV(0.025)2000～4000の範囲が好ましい。

【0029】

被膜 2 8 の剥離荷重（臨界荷重）を従来例と比較して行なったスクラッチ試験の試験結果を、図 4 のグラフに示す。なお、この試験では、被膜 2 8 の厚さ寸法は上述したように形成した 3 μm とした。また、比較する従来例のペーンは、特許文献 1 に記載されたように母材に窒化処理を施して表面改質を行なったものを用いた。この試験結果により、本実施の形態に係るペーン 1 3 b は、従来例のペーンに比べて剥離荷重が大きくなり、しかも、従来例で行なっていたペーンの母材の表面への窒化層の形成が不要であることが判明した。

【0030】

つぎに、被膜 2 8 の表面粗さを従来例と比較して測定した測定結果を、図 5 のグラフに示す。この測定は、被膜 2 8 を形成した本実施形態のペーン 1 3 b と、従来例で用いられるペーンの母材と、従来例で用いられるペーンの母材に窒化処理をしたものと、窒化処理後に中間層とアモルファス炭素層とからなる被膜を形成した従来例のペーンについて行なった。なお、窒化処理は、窒素化合物層を生成しない方法で行なった。従来例によれば、窒化処理によってペーンの母材の表面粗さが粗くなり、この表面粗さが被膜を形成した後も残ることが判明した。これに対し、本実施の形態のペーン 1 3 b では、表面粗さが滑らかになることが判明した。

【0031】

以上、第 1 の実施形態では、第 1 の層 2 4 と第 2 の層 2 5 と第 3 の層 2 6 と第 4 の層 2 7 とが、高速度工具鋼からなるペーン 1 3 b の母材 2 3 の表面に順に形成される。そして、第 1 の層 2 4 はクロムの単一層とし、第 2 の層 2 5 はクロムとタングステンカーバイドの合金層とし、第 3 の層 2 6 はタングステン及びタングステンカーバイドの少なくとも一方を含有した金属含有アモルファス炭素層とし、第 4 の層 2 7 は金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層とする。さらに、第 2 の層 2 5 は、クロム含有率が第 3 の層 2 6 側より第 1 の層 2 4 側で高く、かつ、タングステンカーバイドの含有率が第 1 の層 2 4 側より第 3 の層 2 6 側で高くなるように形成される。また、第 3 の層 2 6 は、タングステン又はタングステンカーバイドの含有率が第 4 の層 2 7 側より第 2 の層 2 5 側が高くなるように形成される。

【0032】

このため、第 1 の層 2 4 は、母材 2 3 と密着力に優れたクロム層であり、かつ、第 1 の層 2 4 と第 2 の層 2 5 との間、第 2 の層 2 5 と第 3 の層 2 6 との間、及び、第 3 の層 2 6 と第 4 の層 2 7 との間の硬度差が小さくなる。これにより、これらの各層間の密着性が向上し、第 4 の層（アモルファス炭素層） 2 7、及び、第 4 の層 2 7 を含む被膜 2 8 がペーン 1 3 b から剥離することを抑制することができる。

【0033】

しかも、従来例で説明したような窒化層をペーン 1 3 b の母材 2 3 に形成する必要がなく、第 1 の層 2 4 ～第 4 の層 2 7 の形成と異なる処理である窒化層を形成する工程がない。このため、ペーンは安価な構造とすることができる。

【0034】

さらに、ペーン 1 3 b の母材 2 3 に対する窒化処理を行わない。このため、母材 2 3 の表面粗さが窒化処理に伴って粗くなるということが起こらず、第 4 の層 2 7 の表面粗さを滑らかにすることができる。

【0035】

なお、本実施形態では、ペーン 1 3 b の母材 2 3 として高速度工具鋼（SKH51）を

10

20

30

40

50

使用した場合を例に挙げて説明した。しかし、高速度工具鋼に代えて炭素工具鋼や合金工具鋼を使用してもよい。

【0036】

(第2の実施形態)

本発明の第2の実施形態の冷媒圧縮機について、図6～図8に基づいて説明する。なお、第2の実施形態の冷媒圧縮機の基本的な構成は第1の実施形態の冷媒圧縮機2の基本的な構成と同じである。従って、第2の実施形態の冷媒圧縮機の構成については図1を用いて説明する。

【0037】

第2の実施形態の冷媒圧縮機は、冷凍機油9に、この冷凍機油9中に耐荷重添加剤であるリン酸エステル0.5重量%と硫黄系化合物0.5重量%とを添加したポリオールエステル油を使用する。第2の実施形態の他の構成は、第1の実施形態と同じである。

【0038】

冷凍機油9中に耐荷重添加剤を添加した場合と添加しない場合とにおける被膜28の磨耗量を測定するために、図6に示した装置を用いて測定を行なった。この測定では、高速度工具鋼で形成したディスク30を、耐荷重添加剤を添加した冷凍機油9中に浸漬する。そして、ベーン13bに被膜28を形成した部分が、一定荷重(例えば、300N)でディスク30に当接させられる。この状態で、ディスク30を中心線Aの回りに一定速度(例えば、716rpm)で矢印方向に回転させ、被膜28の磨耗量を測定した。測定は1時間継続して行なった。なお、同じ試験を、従来例のベーン31に対しても行なった。試験に用いた従来例のベーン31は、図7に示すように、ベーン31の母材32の表面に窒化層33を拡散形成し、その上に中間層34を形成し、その上に金属を含有せず炭素と水素とを含むアモルファス炭素層27(本実施形態の第4の層に相当)を形成し、その上にタングステンを含有するアモルファス炭素層26(本実施形態の第3の層に相当)を形成したものである。

【0039】

図8に示す試験結果のグラフは、同様の試験を耐荷重添加剤を添加しない冷凍機油9で行なった場合の被膜28の磨耗量に対する低減率を表わしている。この図8のグラフによれば、耐荷重添加剤を添加した場合における被膜28の磨耗量の低減率が、本実施形態のベーン13bは図7に示した従来例のベーン31に比べて大きいことが判明した。

【0040】

以上、第2の実施形態では、第1の実施形態で説明したように母材23に第1の層24～第4の層27を順に形成したベーン13bを、耐荷重添加剤を添加した冷凍機油9中使用する。このような構成により、耐荷重添加剤の作用を効果的に発揮することができ、従来例のベーン31を耐荷重添加剤を添加した冷凍機油9中使用した場合に比べて被膜28の磨耗量を低減させることができる。

【0041】

(第3の実施形態)

本発明の第3の実施形態の冷媒圧縮機について、図9に基づいて説明する。なお、第3の実施形態の冷媒圧縮機の基本的な構成は第1の実施形態の冷媒圧縮機2の基本的な構成と同じである。従って、第3の実施形態の冷媒圧縮機の構成は、図1、図2を用いて説明する。また、第3の実施形態に関して、磨耗量を測定するために使用した装置は、図6に示した装置である。

【0042】

ベーン13bがローラ12bに当接して摺動する場合のベーン13bの被膜28の磨耗量を測定するため、図6に示す装置を用いて測定を行った。このとき、ディスク30を高速度工具鋼(SKH51)で形成した場合と、球状黒鉛鋳鉄(FCD600)で形成した場合とについて測定を行った。

【0043】

図9のグラフは、ベーン13bが当接する相手材の材質による被膜28の磨耗量の変化

10

20

30

40

50

を示す。この磨耗量の測定は、耐荷重添加剤を添加しない冷凍機油 9 にディスク 30 を浸漬させて行い、ディスク 30 が高速度工具鋼である場合のベーン 13b の被膜 28 の磨耗量と、ディスク 30 が球状黒鉛鋳鉄である場合のベーン 13b の磨耗量とを比較している。ディスク 30 が高速度工具鋼である場合のベーン 13b の被膜 28 の磨耗量を 100% としたとき、ディスク 30 が球状黒鉛鋳鉄である場合のベーン 13b の被膜 28 の磨耗量は約 70% であった。

【0044】

なお、ディスク 30 を片状黒鉛鋳鉄 (FC) で形成した場合も、球状黒鉛鋳鉄の場合と同様の結果が得られた。さらに、これらの球状黒鉛鋳鉄又は片状黒鉛鋳鉄に、バナジウム (V)、リン (P)、モリブデン (Mo)、ニッケル (Ni)、クロム (Cr)、銅 (Cu) などの元素を添加した鋳鉄でも、同様の効果が得られた。

10

【0045】

以上、第 3 の実施形態では、ベーン 13b が摺動する相手材であるローラ 12b を、球状黒鉛鋳鉄又は片状黒鉛鋳鉄とする。このような構成により、冷凍機油 9 中に耐荷重添加剤を添加しなくても、ベーン 13b の被膜 28 の磨耗量を低減することができる。

【0046】

(第 4 の実施形態)

本発明の第 4 の実施形態の冷媒圧縮機について、図 10 に基づいて説明する。なお、第 4 の実施形態の冷媒圧縮機の基本的な構成は第 1 の実施形態の冷媒圧縮機 2 の基本的な構成と同じである。従って、第 5 の実施形態の冷媒圧縮機の構成については図 1、図 3 を用いて説明する。

20

【0047】

第 1 の実施形態の冷媒圧縮機 2 では、図 3 に示すように、第 3 の層 26 と第 4 の層 27 との厚さ寸法を共に $1.25\mu\text{m}$ とした場合を例に挙げて示した。これに対し、第 4 の実施形態では、第 3 の層 26 の厚さ寸法と第 4 の層 27 の厚さ寸法とを変化させた。

【0048】

図 10 のグラフは、アモルファス炭素層 (第 3 の層 26 と第 4 の層 27) の構成比 (第 4 の層 27 / 第 3 の層 26) と、被膜 28 の耐衝撃性 (欠け・剥離の発生) の傾向を示している。

【0049】

被膜 28 の耐衝撃性は、冷媒圧縮機 2 においてベーン 13b がローラ 12b に激しく衝突する特異な条件、例えば、高圧縮比で液冷媒を断続的に吸込ませる状態を意図的に作って試験を行なったときの被膜 28 の欠け、剥離の発生傾向を示している。

30

【0050】

図 10 のグラフより、アモルファス炭素層 (第 3 の層 26 と第 4 の層 27) の構成比 (第 4 の層 27 / 第 3 の層 26) は、1 より大きく 10 以下とすることで、さらには、3 ~ 7 とすることで、冷媒圧縮機 2 の運転中におけるベーン 13b の被膜 28 の欠けや剥離を抑制できることが判明した。

【0051】

(第 5 の実施形態)

本発明の第 5 の実施形態の冷媒圧縮機の摺動部材であるベーン 40 について、図 11 に基づいて説明する。なお、第 5 の実施形態の冷媒圧縮機の基本的な構成は第 1 の実施形態の冷媒圧縮機 2 の基本的な構成とベーン 40 以外は同じである。従って、第 5 の実施形態の冷媒圧縮機の構成については図 1 を用いて説明する。

40

【0052】

第 5 の実施形態の冷媒圧縮機では、ベーン 40 は、硬度 HRC 63 に調質した高速度工具鋼 (SKH51) を母材 23 として形成され、その表面に順番に、クロムの単一層からなる第 1 の層 24 と、クロムとタングステンカーバイトとの合金層からなる第 2 の層 25 と、タングステンを含有するアモルファス炭素層からなる第 3 の層 26 と、シリコン (Si) を含有するアモルファス炭素層からなる第 4 の層 41 とが形成される。

50

【0053】

第2の層25は、クロムの含有率が第3の層26より第1の層24側で高く、かつ、タングステンカーバイドの含有率が第1の層24側より第3の層26側で高くなるように形成される。

【0054】

第3の層26は、タングステンの含有率が第4の層41側より第2の層25側が高くなるように形成される。

【0055】

各層24、25、26、41の厚さ寸法は、第1の層24が $0.2\mu\text{m}$ 、第2の層25が $0.3\mu\text{m}$ 、第3の層26が $1.75\mu\text{m}$ 、第4の層41が $1.75\mu\text{m}$ であり、全体で $4\mu\text{m}$ となる。

10

【0056】

シリコンを含有することにより形成されるシリコンカーバイド(SiC)は、耐熱性の点で優れた特性を有する。このため、シリコンを含有するアモルファス炭素層からなる第4の層41を有するペーン40は、高温による第4の層41の破壊を防止することができる。

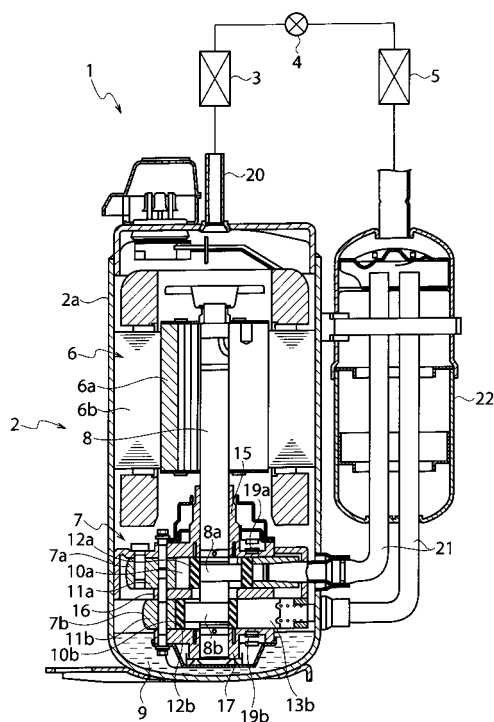
【産業上の利用の可能性】

【0057】

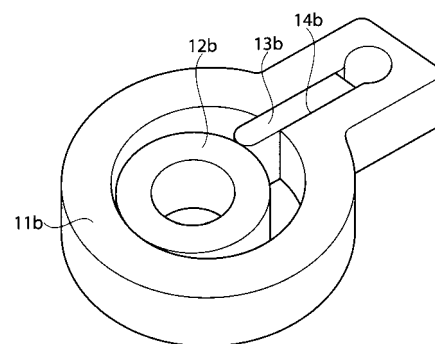
本発明の冷媒圧縮機及び冷凍サイクル装置では、摺動部材に耐摩耗性と密着力とに優れ剥離しにくいアモルファス炭素層を含む皮膜の形成を安価な構造により行なうことができる。このため、高性能且つ安価な冷媒圧縮機および冷凍サイクル装置を提供できる。

20

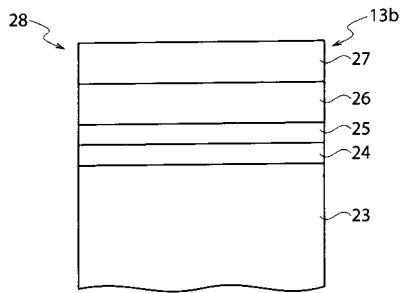
【図1】



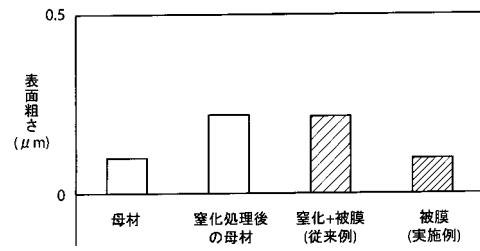
【図2】



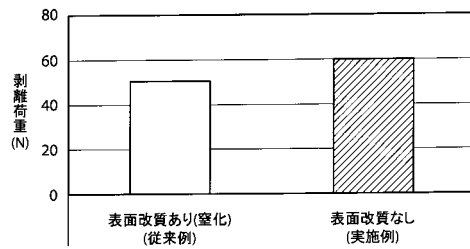
【図 3】



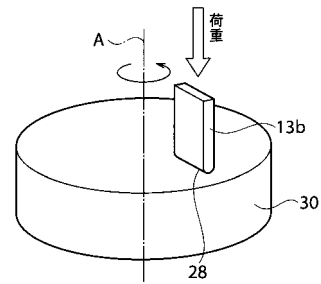
【図 5】



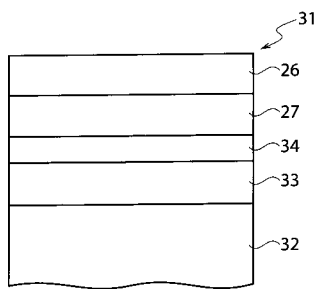
【図 4】



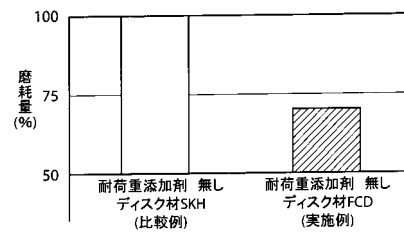
【図 6】



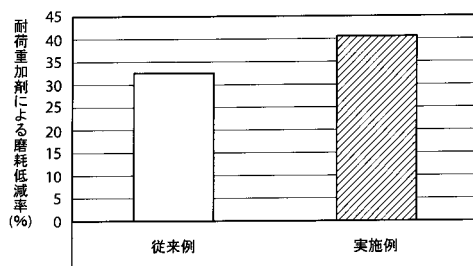
【図 7】



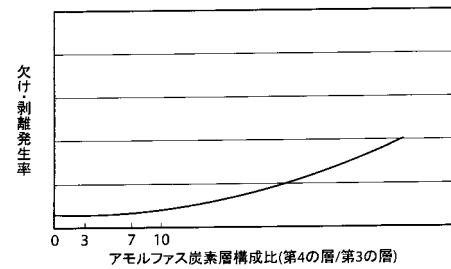
【図 9】



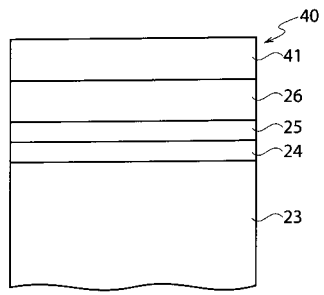
【図 8】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl., D B名)

F04B 39/00

C23C 30/00

F04C 18/356

F04C 29/00