



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102549266 B

(45) 授权公告日 2015. 05. 13

(21) 申请号 201080041541. 9

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010. 09. 08

F04C 29/00(2006. 01)

(30) 优先权数据

F04B 39/00(2006. 01)

2009-217840 2009. 09. 18 JP

F04C 18/356(2006. 01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

审查员 贾玉霞

2012. 03. 12

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/JP2010/065441 2010. 09. 08

(87) PCT国际申请的公布数据

W02011/033977 JA 2011. 03. 24

(73) 专利权人 东芝开利株式会社

地址 日本东京

(72) 发明人 青木俊公 里舘康治 高岛和

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公

司 31100

代理人 胡晓萍

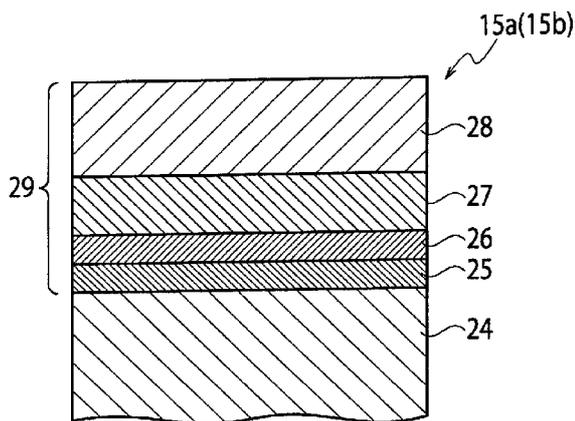
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54) 发明名称

制冷剂压缩机及制冷循环装置

(57) 摘要

一种制冷剂压缩机,包括对制冷剂进行压缩的压缩单元,压缩单元具有滚筒及叶片。叶片具有将第一层至第四层依次层叠在由金属材料形成的基材的表面上的保护膜。第一层由铬构成。第二层由铬及碳化钨构成。第三层由含有钨和碳化钨中的至少一种的含金属的无定形碳层构成。第四层由不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层构成。在第二层中,含铬率在靠第一层一侧比靠第三层一侧高,且碳化钨含有率在靠第三层一侧比靠第一层一侧高。在第三层中,钨和碳化钨中的至少所述一种的含有率在靠第二层一侧比靠第四层一侧高。与叶片的前端滑动接触的滚筒由含钼、镍及铬的片状石墨铸铁形成。



1. 一种制冷剂压缩机,其特征在于,包括:

压缩单元,该压缩单元对在制冷循环中使用的制冷剂进行压缩;

叶片,该叶片能滑动地设置于所述压缩单元,并以金属材料作为基材;

保护膜,该保护膜通过将第一层至第四层依次层叠在所述基材的表面上来形成;

滚筒,该滚筒能旋转地设置于所述压缩单元,且能与所述叶片的前端滑动接触;以及

汽缸,该汽缸设于所述压缩单元,且收纳所述叶片及所述滚筒,

所述第一层由铬的单一层构成,

所述第二层由铬和碳化钨的合金层构成,

所述第三层由含有钨和碳化钨中的至少一种的含金属的无定形碳层构成,

所述第四层由不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层构成,

在所述第二层中,含铬率在靠所述第一层一侧比靠所述第三层一侧高,且碳化钨含有率在靠所述第三层一侧比靠所述第一层一侧高,

在所述第三层中,钨和碳化钨中的至少所述一种的含有率在靠所述第二层一侧比靠所述第四层一侧高,

所述滚筒由含钼、镍及铬的片状石墨铸铁形成,

所述汽缸由片状石墨铸铁或表面经封孔处理后的烧结金属形成。

2. 如权利要求 1 所述的制冷剂压缩机,其特征在于,

所述压缩单元还具有能旋转的转轴,

所述转轴由金属材料的基材和层叠在该基材上的所述保护膜形成,其中,所述保护膜由所述第一层至第四层构成。

3. 如权利要求 1 所述的制冷剂压缩机,其特征在于,

所述压缩单元还具有与所述叶片滑动接触的轴承,

所述轴承由片状石墨铸铁或表面经封孔处理后的烧结金属形成。

4. 如权利要求 2 所述的制冷剂压缩机,其特征在于,

所述压缩单元还具有与所述叶片滑动接触的轴承,

所述轴承由片状石墨铸铁或表面经封孔处理后的烧结金属形成。

5. 一种制冷循环装置,其特征在于,包括:

权利要求 1 至 4 中任一项所述的制冷剂压缩机;

冷凝器,该冷凝器与所述压缩机连接,并对被所述压缩机压缩的制冷剂进行冷凝;

膨胀装置,该膨胀装置与所述冷凝器连接,并使被所述冷凝器冷凝的制冷剂膨胀;以及

蒸发器,该蒸发器与所述膨胀装置及所述压缩机连接,并在使被所述膨胀装置膨胀的制冷剂蒸发后,使该制冷剂回流至所述压缩机。

制冷剂压缩机及制冷循环装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种制冷剂压缩机及制冷循环装置。

背景技术

[0002] 制冷剂压缩机中对制冷剂进行压缩的压缩单元使用用于对制冷剂进行压缩的滑动构件（例如叶片或活塞）。作为已提高滑动构件的耐磨损性的制冷剂压缩机，已知有下述专利文献 1 所记载的制冷剂压缩机。

[0003] 专利文献 1 记载的制冷剂压缩机的滑动构件（叶片）是在基材（母材）表面形成氮化层来使基材硬化，并在所形成的基材上形成中间层和单层或双层的无定形碳层而构成的。另外，在无定形碳层形成双层时，下层（基材侧）是含有氢的无定形碳层，上层是含有金属的无定形碳层。

[0004] 现有技术文献

[0005] 专利文献

[0006] 专利文献 1：日本专利特开 2007-32360 号公报

发明内容

[0007] 发明所要解决的技术问题

[0008] 在专利文献 1 记载的滑动构件中，通过在基材表面形成氮化层来使基材硬化，能抑制基材在作用有高载荷时的变形，因此，基材与中间层的紧贴性优异。但是，在中间层与无定形碳层之间的密封性、及当无定形碳层形成双层时上述双层的无定形碳层之间的紧贴性上存在问题。在反复受到应力时，有时会在上述的中间层与无定形碳层之间、或双层的无定形碳层之间发生剥离或破裂。

[0009] 本发明的目的在于提供一种制冷剂压缩机及使用该制冷剂压缩机的制冷循环装置，上述制冷剂压缩机不仅能抑制在制冷剂压缩机中使用的叶片的基材发生变形，而且能提高形成于基材表面的保护膜の紧贴性，此外，还能抑制叶片及与叶片滑动接触的构件的磨损。

[0010] 解决技术问题所采用的技术方案

[0011] 实施方式的制冷剂压缩机包括：压缩单元，该压缩单元对在制冷循环中使用的制冷剂进行压缩；叶片，该叶片能滑动地设置于上述压缩单元，并以金属材料作为基材；保护膜，该保护膜通过将第一层至第四层依次层叠在上述基材的表面上来形成；以及滚筒，该滚筒能旋转地设置于上述压缩单元，且能与上述叶片的前端滑动接触。上述第一层由铬的单一层构成，上述第二层由铬和碳化钨的合金层构成，上述第三层由含有钨和碳化钨中的至少一种的含金属的无定形碳层构成，上述第四层由不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层构成。在上述第二层中，含铬率在靠上述第一层一侧比靠上述第三层一侧高，且碳化钨含有率在靠上述第三层一侧比靠上述第一层一侧高。在上述第三层中，钨和碳化钨中的至少所述一种的含有率在靠上述第二层一侧比靠上述第四层一侧高。上述滚筒由含钼、镍及铬的

片状石墨铸铁形成。

[0012] 实施方式的制冷循环装置包括：上述制冷剂压缩机；冷凝器，该冷凝器与上述压缩机连接，并对被上述压缩机压缩的制冷剂进行冷凝；膨胀装置，该膨胀装置与上述冷凝器连接，并使被上述冷凝器冷凝的制冷剂膨胀；以及蒸发器，该蒸发器与上述膨胀装置及上述压缩机连接，并在使被上述膨胀装置膨胀的制冷剂蒸发后，使该制冷剂回流至上述压缩机。

附图说明

[0013] 图 1 是表示第一实施方式的制冷循环装置的示意图。

[0014] 图 2 是表示制冷剂压缩机的内部结构的纵剖主视图。

[0015] 图 3 是表示构成压缩单元的汽缸、滚筒和叶片的立体图。

[0016] 图 4 是叶片端缘部的剖视图。

[0017] 图 5 是表示叶片和滚筒的磨损量的图表。

[0018] 图 6 是表示第二实施方式的经封孔处理后的烧结金属 (sintered metal treated with a porosity sealing process) 的剖视图。

[0019] 图 7 是表示叶片和汽缸的合计磨损量的图表。

具体实施方式

[0020] 以下，使用附图对实施方式进行说明。

[0021] (第一实施方式)

[0022] 基于图 1 至图 5 对第一实施方式进行说明。图 1 是表示第一实施方式的制冷循环装置 1 的示意图。

[0023] 制冷循环装置 1 是将密闭旋转式的制冷剂压缩机 (hermetically-sealed rotary-type refrigerant compressor) 2、四通阀 3、在制冷运转时起到冷凝器的作用且在制热运转时起到蒸发器的作用的室外热交换器 4、膨胀装置 5、在制冷运转时起到蒸发器的作用且在制热运转时起到冷凝器的作用的室内热交换器 6、储罐 7 连接而构成的。制冷剂在制冷循环装置 1 的上述装置中循环。

[0024] 在制冷循环装置 1 中，在制冷运转时，从制冷剂压缩机 2 排出的制冷剂如实线箭头所示，经由四通阀 3 而被供给到室外热交换器 (冷凝器) 4，并通过与外部气体进行热交换而被冷凝。被冷凝的制冷剂从室外热交换器 4 流出，并经由膨胀装置 5 流入室内热交换器 (蒸发器) 6。流入室内热交换器 6 的制冷剂通过与室内空气进行热交换而蒸发，从而对室内空气进行冷却。从室内热交换器 6 流出的制冷剂经由四通阀 3 及储罐 7 而被吸入至制冷剂压缩机 2 内。

[0025] 另一方面，在制热运转时，从制冷剂压缩机 2 排出的制冷剂如虚线箭头所示，经由四通阀 3 而被供给到室内热交换器 (冷凝器) 6，通过与室内空气进行热交换而被冷凝，从而对室内空气进行加热。被冷凝的制冷剂从室内热交换器 6 流出，并经由膨胀装置 5 流入室外热交换器 (蒸发器) 4。流入室外热交换器 4 的制冷剂通过与室外空气进行热交换而蒸发。蒸发的制冷剂从室外热交换器 4 流出，并经由四通阀 3 及储罐 7 而被吸入至制冷剂压缩机 2 内。

[0026] 以后，制冷剂依次同样地流动，维持制冷循环装置 1 的运转。作为制冷剂，可使用

HFC 制冷剂、HC(碳氢化合物)制冷剂、二氧化碳制冷剂。

[0027] 如图 2 所示,制冷剂压缩机 2 是双汽缸型的,具有密闭壳体 2a。在密闭壳体 2a 内收纳有电动机 8 和旋转压缩单元 9。电动机 8 与旋转压缩单元 9 通过转轴 (rotary shaft) 10 连接。转轴 10 具有偏心部 10a、10b。

[0028] 电动机 8 由转子 8a 和定子 8b 构成。电动机 8 也可以是由逆变器驱动的无刷 DC 同步电动机、AC 电动机或由工业电源驱动的电动机等。

[0029] 在密闭壳体 2a 的底部储存有对旋转压缩单元 9 进行润滑的冷冻机油 (refrigerant oil) 11。作为冷冻机油 11,使用 POE(多元醇脂)、PVE(聚乙烯醚)、PAG(聚亚烷基二醇)等。

[0030] 旋转压缩单元 9 由第一压缩单元 9a 和第二压缩单元 9b 构成。第一压缩单元 9a 包括形成汽缸室 12a 的汽缸 13a,第二压缩单元 9b 包括形成汽缸室 12b 的汽缸 13b。如图 3 所示,在汽缸 13a 内收纳有滚筒 14a 和叶片(滑动构件)15a。同样地,在汽缸 13b 内收纳有滚筒 14b 和叶片(滑动构件)15b。另外,在图 2 中,为了表示第二压缩单元 9b 中的叶片 15b 与吸入管 23 之间的连接,以不同的剖切面对第二压缩单元 9b 的一部分进行了剖切 (cross-sectioned with a different cross-sectional plane)。

[0031] 滚筒 14a 与转轴 10 的偏心部 10a 嵌合,随着转轴 10 的旋转而在汽缸室 12a 内偏心旋转。滚筒 14b 与转轴 10 的偏心部 10b 嵌合,随着转轴 10 的旋转而在汽缸室 12b 内偏心旋转。滚筒 14a、14b 由含有钼、镍和铬的片状石墨铸铁 (flake graphite cast iron) 形成。另外,如图 3 所示,第一压缩单元 9a 和第二压缩单元 9b 具有相同的结构。

[0032] 如图 3 所示,叶片 15a 以能滑动的方式收纳在形成于汽缸 13a 的槽 (slot) 16a 内。朝使叶片 15a 的前端与滚筒 14a 的外周面接触的方向对叶片 15a 施力的弹簧(未图示)收纳在槽 16a 内。同样地,叶片 15b 也以能滑动的方式收纳在形成于汽缸 13b 的槽 16b 内。朝使叶片 15b 的前端与滚筒 14b 的外周面接触的方向对叶片 15b 施力的弹簧 35b(参照图 2)收纳在槽 16b 内。

[0033] 第一压缩单元 9a 的汽缸 13a 的两端面被主轴承 17 和隔板 18 分别覆盖,从而在内部形成汽缸室 12a。第二压缩单元 9b 的汽缸 13b 的两端面被副轴承 19 和隔板 18 分别覆盖,从而在内部形成汽缸室 12b。主轴承 17 设有将汽缸室 12a 与密闭壳体 2a 的内部空间连通的排出孔 20a 和打开、关闭排出孔 20a 的排出阀 21a。副轴承 19 设有将汽缸室 12b 与密闭壳体 2a 的内部空间连通的排出孔 20b 和打开、关闭排出孔 20b 的排出阀 21b。

[0034] 在密闭壳体 2a 的上部连接有将密闭容器 2a 内的被压缩后的制冷剂朝四通阀 3 排出的排出管 22。在密闭容器 2a 的侧面下部连接有将来自储罐 7 的制冷剂导入汽缸室 12a、12b 内的吸入管 23。

[0035] 图 4 是叶片 15a、15b 的端缘部的剖视图。另外,叶片 15a、15b 具有相同的结构。叶片 15a(15b)的基材 24 是通过对金属材料即铬钼钢冷轧锻造而形成的。对基材 24 实施了通过渗碳淬火方式进行的表面硬化处理,其表面硬度为维氏硬度 650。另外,上述表面硬化处理不是仅对基材 24 表面进行硬化的意思,而是对基材 24 的至少表面进行硬化的意思,也包括对基材 24 整体进行硬化处理的情况。

[0036] 此外,在经过表面硬化处理后的基材 24 的表面上形成有将第一层 25 至第四层 28 依次层叠而成的保护膜 29。第一层 25 是铬 (Cr) 的单一层。第二层 26 是铬和碳化钨 (WC)

的合金层。第三层 27 是含有钨 (W) 的无定形碳层。第四层 28 是不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层。另外,第三层 27 也可以是不含钨而含有碳化钨的无定形碳层,或是含有钨和碳化钨两者的无定形碳层。

[0037] 在第二层 26 中,所含成分如下递变 (content gradient):靠第一层 25 一侧的含铬率比靠第三层 27 一侧的含铬率高,且靠第三层 27 一侧的碳化钨含有率比靠第一层 25 一侧的碳化钨含有率高。

[0038] 在第三层 27 中,所含成分如下递变:靠第二层 26 一侧的含钨率比靠第四层 28 一侧的含钨率高。

[0039] 在各层 25 ~ 28 的厚度尺寸上,第一层 25 为 $0.1\ \mu\text{m}$,第二层 26 为 $0.2\ \mu\text{m}$,第三层 27 为 $0.5\ \mu\text{m}$,第四层 28 为 $2.2\ \mu\text{m}$,保护膜 29 整体的厚度尺寸为 $3\ \mu\text{m}$ 。

[0040] 图 5 的图表示出了对因制冷剂压缩机 2 的运转而造成的叶片 15b(15a) 和滚筒 14b(14a) 各自的磨损量进行测定的结果。

[0041] 在上述测定中,按下述条件对叶片和滚筒的相对磨损量进行测定。

[0042] (实施例 1)

[0043] 叶片:在经表面硬化后的基材 24 上形成有保护膜 29(图 4 的叶片 15a、15b)。

[0044] 滚筒:由含钼、镍及铬的片状石墨铸铁形成(滚筒 14a、14b)。

[0045] (比较例 1)

[0046] 叶片:由高速钢 (high speed steel) (SKH51) 形成(与滚筒 14a、14b 相同)。

[0047] 滚筒:由含钼、镍及铬的片状石墨铸铁形成。

[0048] (比较例 2)

[0049] 叶片:由高速钢 (SKH51) 形成。

[0050] 滚筒:由片状石墨铸铁形成。

[0051] (比较例 3)

[0052] 叶片:在经表面硬化后的基材 24 上形成有保护膜 29(与图 4 的叶片 15a、15b 相同)。

[0053] 滚筒:由片状石墨铸铁形成。

[0054] 此外,在上述测定中,在制冷剂压缩机 2 的旋转压缩单元 9 中安装实施例 1 及比较例 1 至比较例 3 的叶片及滚筒,使液体制冷剂强制断续地反复吸入旋转压缩单元 9 中来使叶片与滚筒激烈碰撞。另外,在上述测定中,将冷凝温度设定为 65°C 。

[0055] 根据图 5 所示的测定结果可知,实施例 1 中的叶片及滚筒的磨损量与其它比较例中的叶片及滚筒的磨损量相比大幅减少。

[0056] 这样,通过对叶片 15a、15b 的由金属形成的基材 24 实施通过渗碳淬火方式进行的表面硬化处理,能抑制基材 24 在作用有高载荷时发生弹性变形。因此,能抑制保护膜 29 在作用有高载荷时发生变形,并能提高基材 24 与保护膜 29 之间、保护膜 29 中各层 25 ~ 28 之间的紧贴性。

[0057] 关于构成保护膜 29 的四个层 25 ~ 28,第一层 25 为铬的单层,第二层 26 为铬和碳化钨的合金层,第三层 27 为含钨和碳化钨的至少一种的含金属的无定形碳层,第四层 28 为不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层。此外,在第二层 26 中,所含成分如下递变:靠第一层 25 一侧的含铬率比靠第三层 27 一侧的含铬率高,且靠第三层 27 一侧的碳化钨含有率

比靠第一层 25 一侧的碳化钨含有率高。此外,在第三层 27 中,所含成分如下递变:靠第二层 26 一侧的含钨率比靠第四层 28 一侧的含钨率高。

[0058] 因此,由于通过使第一层 25 与第二层 26 之间、第二层 26 与第三层 27 之间及第三层 27 与第四层 28 之间的硬度差分别变小,就能提高各层 25 ~ 28 之间的紧贴性,因此,能抑制在保护膜 29 内发生破裂。

[0059] 此外,由于位于保护膜 29 最外侧的第四层 28 是不含金属、而含有碳和氢的无定形碳层,因此,与将含金属的无定形碳层设于最外侧的情况相比,能实现高硬度化,从而能提高叶片 15a、15b 的耐磨损性。

[0060] 此外,如图 5 的测定结果所示,通过使在经表面硬化后的基材 24 的表面形成有保护膜 29 的叶片 15a、15b 的前端与由含钼、镍及铬的片状石墨铸铁形成的滚筒 14a、14b 分别滑动接触,能减少叶片 15a、15b 及滚筒 14a、14b 的磨损量。因此,叶片 15a、15b 及滚筒 14a、14b 的磨损量减少,能实现可靠性高的制冷剂压缩机 2。

[0061] 另外,在叶片基材的硬度足够高的情况下(例如被 HRC63 调质后的高速工具钢(high-speed tool steel)),即便不实施表面硬化处理,也能获得与上述实施例 1 相同的效果。

[0062] 此外,使用将带有上述保护膜 29 的叶片 15a、15b 的表面粗糙度设定为 Rz0.8、Rz1.6、Rz2.4 的样品,在与图 5 所示的测定的条件相同的条件下进行试验。其结果是,在 Rz0.8、Rz1.6 的样品中,保护膜没有发生剥离,获得了良好的结果,但在 Rz2.4 的样品中,稍许发现有细微的保护膜发生剥离的趋势。因此,更为理想的是将保护膜 29 形成后的叶片 15a、15b 的表面粗糙度设定为 Rz1.6 以下。

[0063] (第二实施方式)

[0064] 基于图 6 及图 7 对第二实施方式进行说明。另外,在第二实施方式及以下说明的其它实施方式中,由于制冷剂压缩机的基本结构与第一实施方式的制冷剂压缩机 2 相同,因此,参照图 1 至图 4 对它们的基本结构进行说明。

[0065] 在第二实施方式中,汽缸 13a、13b 由片状石墨铸铁形成,或是由表面经封孔处理后的烧结金属形成。

[0066] 图 6 是表示表面经封孔处理后的烧结金属 30 的剖视图。烧结金属 30 中,由铁、铜、碳类烧结合金形成基材 31,并通过水蒸汽处理而在基材 31 的表面形成四氧化三铁的保护膜 32。在烧结工序中,在基材 31 的表面形成有空孔(porous hole)33,但空孔 33 被保护膜 32 填埋。另外,在保护膜 32 表面的位于空孔 33 上方的部分容易产生些许凹陷(dent)34。

[0067] 图 7 是表示在叶片 15a(15b)的侧面与汽缸 13a(13b)的槽 16a(16b)的表面之间的滑动接触部分中、叶片 15a(15b)和汽缸 13a(13b)的合计磨损量的测定结果的图表。另外,在叶片 15a(15b)的与槽 16a(16b)的表面滑动接触的侧面也形成有保护膜 29。

[0068] 在上述测定中,所有实施例 A 至 D 均使用在侧面也形成了保护膜 29 的叶片 15a、15b。此外,实施例 A 使用由球状石墨铸铁形成的汽缸 13a、13b,实施例 B 使用由片状石墨铸铁形成的汽缸 13a、13b,实施例 C 使用由添加了钒及磷的片状石墨铸铁形成的汽缸 13a、13b,实施例 D 使用由图 6 所示的具有保护膜 32 的烧结金属 30 形成的汽缸 13a、13b。

[0069] 此外,上述测定与第一实施方式中的测定一样,在制冷剂压缩机 2 的旋转压缩单元 9 中安装形成有保护膜 29 的叶片和各实施例 A 至 D 的汽缸,将液体制冷剂强制断续地反

复吸入旋转压缩单元 9 来使叶片与滚筒激烈碰撞。

[0070] 根据测定结果可知,在汽缸由球状石墨铸铁形成时(实施例 A),磨损量较大,从而确定实施例 A 的结构不适合在制冷剂压缩机 2 中使用。但是,在实施例 B 至 D 中,磨损量较少,因而可知它们的结构适合在制冷剂压缩机 2 中使用。

[0071] (第三实施方式)

[0072] 基于下述表 1 对第三实施方式进行说明。在本实施方式中,在转轴 10 表面形成有由第一层 25 至第四层 28 构成的上述保护膜 29。

[0073] 表 1 示出了转轴 10 的材质、转轴 10 中是否具有保护膜 29 与轴烧熔性 (burnout characteristics of the shaft) 之间的关系的测定结果。在表 1 中,烧熔性可用等级 C、B、A 来表示。

[0074] [表 1]

[0075]

转轴的材质	有无保护膜	轴烧熔性
球状石墨铸铁	无	B
球状石墨铸铁	有	A
片状石墨铸铁	无	B
片状石墨铸铁	有	A
铬钼钢	无	C
铬钼钢	有	A

[0076] 根据测定结果可知,无论转轴 10 的材质为何种材质,通过形成保护膜 29 均能使轴烧熔性变好而使烧熔不易发生。

[0077] 对于制冷剂压缩机 2 而言,要求旋转压缩单元 9 增大可变转速。特别是在低频旋转下,由于处于无法充分获得由轴转速带来的油膜压力的润滑状态,因此有时会出现转轴 10 与轴承(主轴承 17 及副轴承 19)在其间不存在油膜的状态下直接接触的情况。因此,通过在转轴 10 表面形成保护膜 29,能抑制处于低频旋转下的运转状态时的烧熔,此外,还能减少滑动接触部分的磨损。

[0078] (第四实施方式)

[0079] 基于表 2 对第四实施方式进行说明。

[0080] 在第四实施方式中,轴承(主轴承 17 及副轴承 19)的各端面与叶片 15a、15b 的侧面分别滑动接触。轴承 17、19 由片状石墨铸铁形成,并如第二实施方式中所说明的那样,是由表面经封孔处理后的烧结金属 30(图 6)形成。另外,在叶片 15a、15b 的与轴承 17、19 滑动接触的侧面上也形成有上述保护膜 29。

[0081] 使用在侧面部分也形成有保护膜 29 的叶片 15a、15b,并在使轴承 17、19 由片状石墨铸铁形成时和使轴承 17、19 由具有保护膜 32 的烧结金属 30 形成时对轴承 17、19 的耐磨损性进行测定。测定结果示于下述表 2。

[0082] [表 2]

[0083]

轴承的材质	叶片的基材	有无保护膜	轴承的耐磨损性
片状石墨铸铁	工具钢 SKH51	有	A
烧结合金	工具钢 SKH51	有	A

[0084] 此外,上述测定与第一实施方式中的测定一样进行,在制冷剂压缩机 2 的旋转压

缩单元 9 中安装形成有保护膜 29 的叶片和材质不同的各轴承 17、19,并使液体制冷剂强制断续地反复吸入旋转压缩单元 9 以使叶片 15a、15b 与滚筒 14a、14b 激烈碰撞。

[0085] 根据测定结果可知,无论是轴承 17、19 由片状石墨铸铁形成,还是轴承 17、19 由具有保护膜 32 的烧结金属 30 形成,轴承 17、19 均能获得良好的耐磨损性(等级 A)。

[0086] 另外,片状石墨铸铁的特点是具有细微的石墨结构,因此,在可能会断油的使用环境下的油保持性优异,且能提高耐磨损性。

[0087] 此外,根据烧结金属 30,由于通过上述凹陷 34 能提高油保持性,因此,能提高耐磨损性。

[0088] (第五实施方式)

[0089] 对第五实施方式进行说明。第五实施方式涉及储存在密闭壳体 2a 内的冷冻机油 11 的种类与制冷剂的种类的组合。

[0090] 在第五实施例中,使用 HFC 类制冷剂作为制冷剂,使用 POE(多元醇脂)或 PVE(聚乙烯醚)作为冷冻机油 11。

[0091] 不含氯的 HFC 类制冷剂没有润滑性,滑动部的润滑性仅依赖于冷冻机油 11。因此,与使用含氯的制冷剂的情况相比,在使用不含氯的制冷剂时,润滑性降低。因此,通过使用 POE(多元醇脂)或 PVE(聚乙烯醚)作为冷冻机油 11,能提高润滑性。

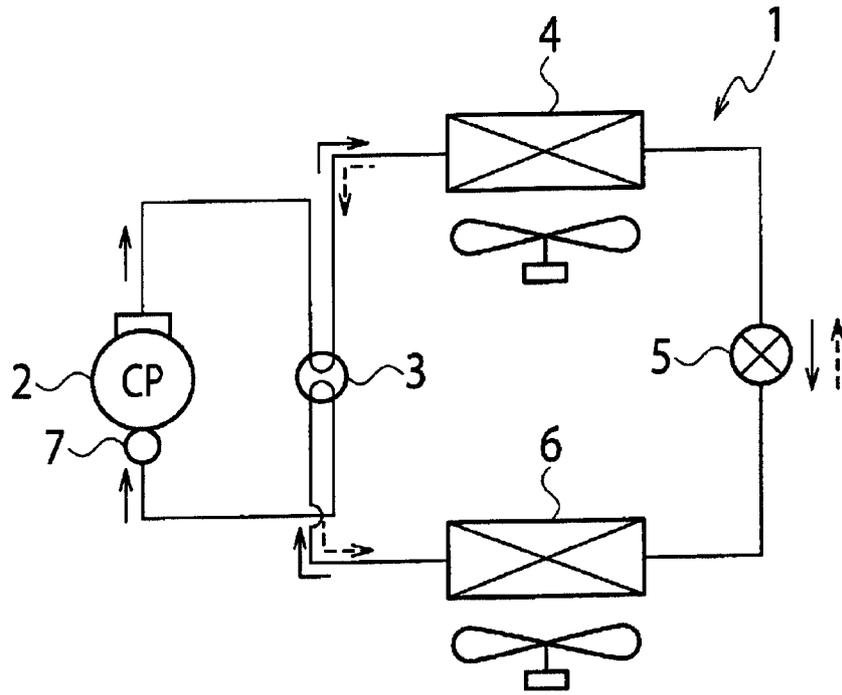


图 1

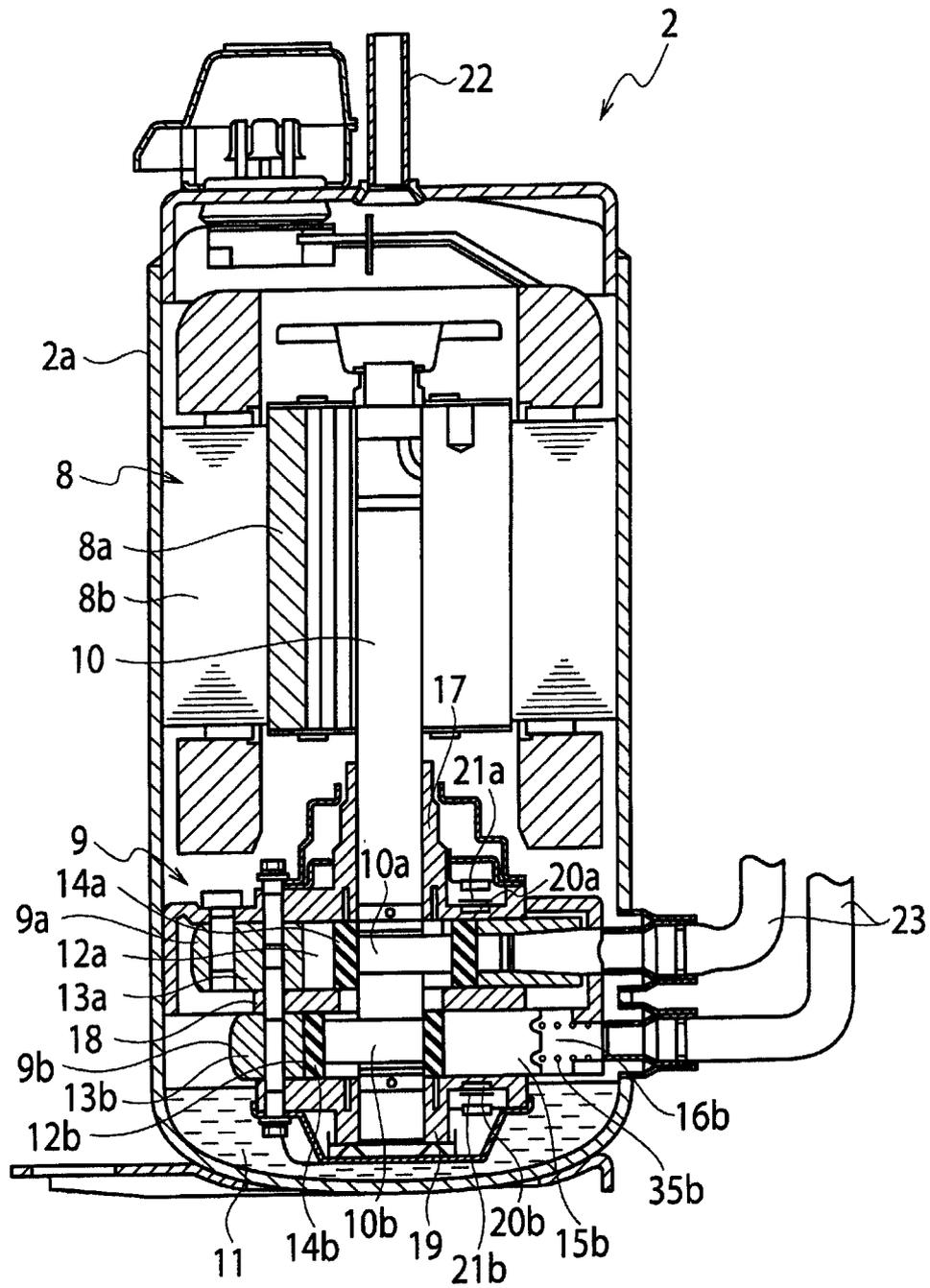


图 2

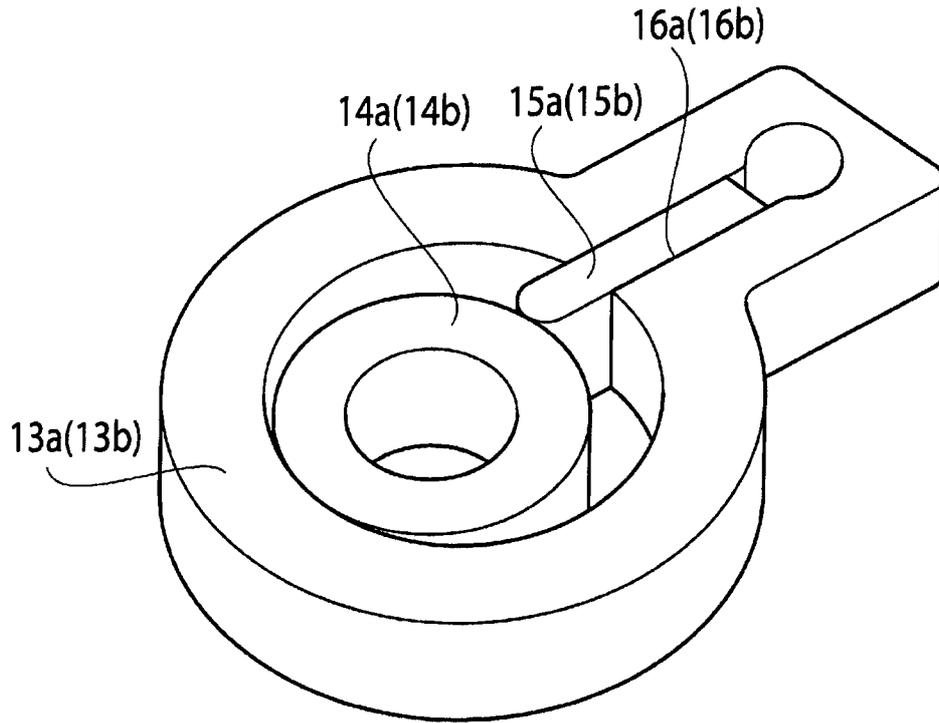


图 3

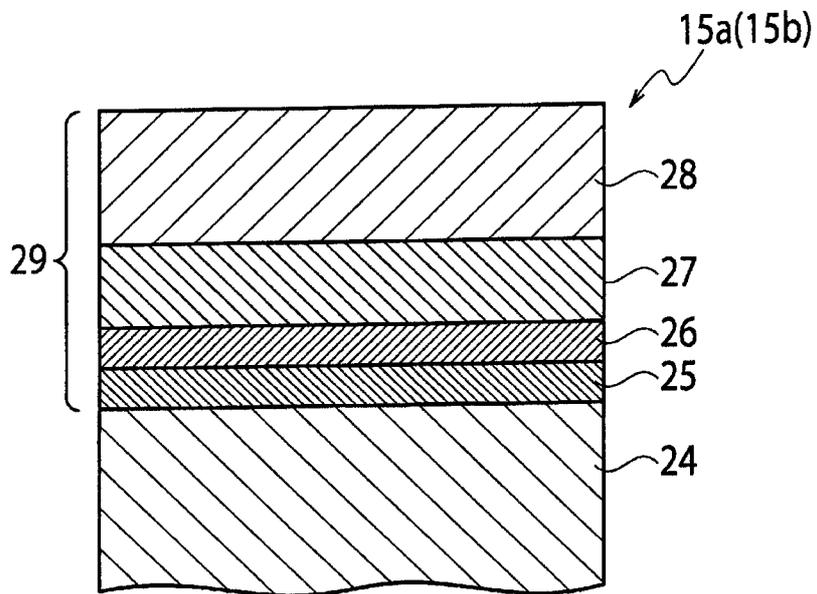


图 4

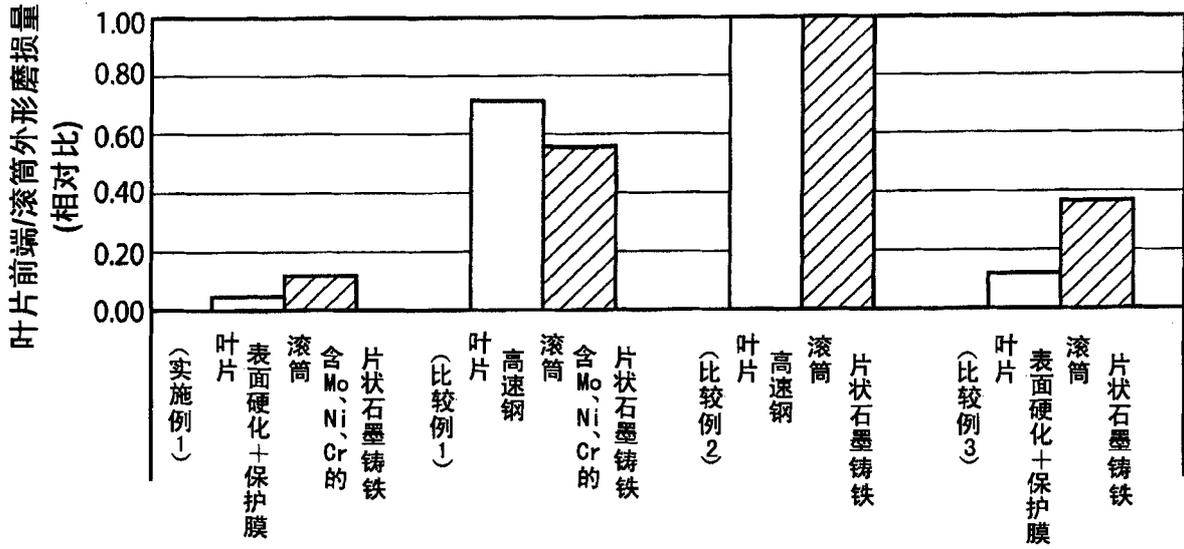


图 5

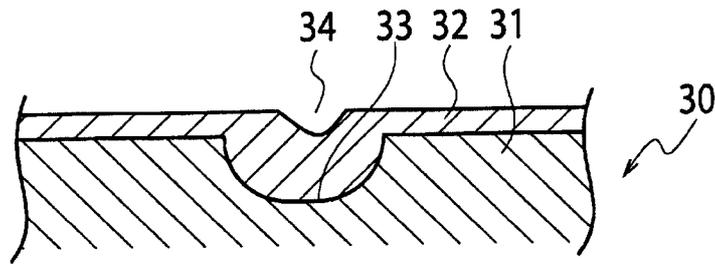


图 6

叶片和汽缸的合计磨损量

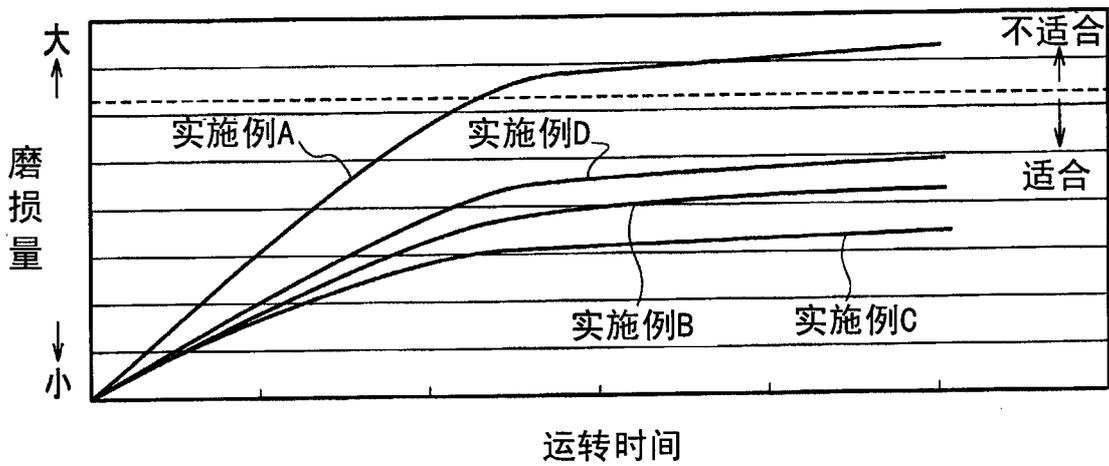


图 7