

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

F25B 39/00

F25B 39/04 F25B 1/00

F28F 1/40



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02810039.5

[43] 公开日 2004年9月1日

[11] 公开号 CN 1526061A

[22] 申请日 2002.5.21 [21] 申请号 02810039.5

[30] 优先权

[32] 2001.5.23 [33] JP [31] 153508/2001

[86] 国际申请 PCT/JP2002/004904 2002.5.21

[87] 国际公布 WO2002/095302 日 2002.11.28

[85] 进入国家阶段日期 2003.11.17

[71] 申请人 松下电器产业株式会社

地址 日本国大阪府门真市

[72] 发明人 西胁文俊 船仓正三 冈座典穗

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

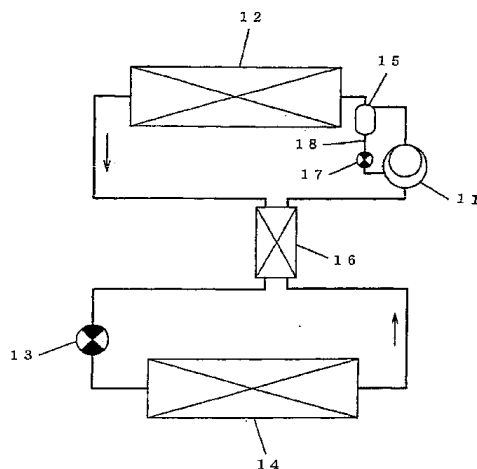
代理人 侯佳猷

权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 7 页

[54] 发明名称 冷冻循环装置

[57] 摘要

一种冷冻循环装置，包括：压缩二氧化碳(CO₂)制冷剂用的压缩机；对所述压缩机中升压的制冷剂进行冷却的放热器；配置在离所述放热器的制冷剂下游侧、对冷却的制冷剂进行减压膨胀的减压器；以及对由所述减压器减压的制冷剂进行加热的蒸发器，所述放热器及/或所述蒸发器的制冷剂流路是1mm或1mm以下的细管，使用以与所述CO₂制冷剂相容的有极性油作为主体而组成的冷冻机油。



ISSN 1008-4274

1. 一种冷冻循环装置，包括：压缩二氧化碳（CO₂）制冷剂用的压缩机；对所述压缩机中升压的制冷剂进行冷却的放热器；配置在离所述放热器的制冷剂下游侧、对冷却的制冷剂进行减压膨胀的减压器；以及对由所述减压器减压的制冷剂进行加热的蒸发器，其特征在于，

所述放热器及/或所述蒸发器的制冷剂流路是 1mm 或 1mm 以下的细管，
采用以所述 CO₂ 制冷剂相溶的有极性油作为主体而组成的冷冻机油。

2. 如权利要求 1 所述的冷冻循环装置，其特征在于，所述制冷剂流路是扁平管中形成的多个贯通小孔。

3. 如权利要求 1 所述的冷冻循环装置，其特征在于，作为所述冷冻机油，使用聚醚油、聚酯油、聚二醇油、聚碳酸酯油或者这些油的混合油。

4. 如权利要求 1 所述的冷冻循环装置，其特征在于，所述冷冻机油中含有的水分量为 100ppm 以下。

5. 如权利要求 2 所述的冷冻循环装置，其特征在于，所述贯通小孔是内面形成有槽的带内面槽小孔。

6. 如权利要求 5 所述的冷冻循环装置，其特征在于，所述带内面槽小孔的槽形状是梯形。

冷冻循环装置

技术领域

本发明涉及作为主体制冷剂使用二氧化碳（以下称为 CO₂）的冷冻机和空调机等的冷冻循环装置。

背景技术

目前，在空调机、冰箱、冷冻库、自动销售机、加热泵热水器等的冷冻循环装置的制冷剂中，从物性稳定、便于处理的观点出发，使用的是含氯而不含氢的氟碳类（以下称为 CFC）以及含氯和氢的氟烃类（以下称为 HCFC）。

然而，CFC 制冷剂和 HCFC 制冷剂因具有促进臭氧层破坏的性质，故提出有采用分子构造中不含氯而含氢的氟化烃类（以下称为 HFC）来作为替代制冷剂的提案。又，CFC 制冷剂、HCFC 制冷剂、HFC 制冷剂因具有促进地球温暖化的性质，故提出有采用对地球温暖化影响极小的自然制冷剂来作为替代制冷剂的提案。

但是，即使是自然制冷剂，因碳化氢类（以下称为 HC）具有强可燃性，故存在着引火、爆炸的危险性，又由于铵制冷剂具有毒性，故存在着泄漏时产生危险的问题，由此，对非燃性、无毒性且成本低的 CO₂ 制冷剂的使用正在研讨之中。

使用这种 CO₂ 制冷剂的冷冻循环装置因 CO₂ 制冷剂的临界温度是 31℃，故成为在超临界区域中使用高压侧线路的结构，普通的冷冻循环装置是将制冷剂压缩进行升压的压缩机、需要时将四通阀、冷却制冷剂的放热器、减压制冷剂的毛细管和膨胀阀等的减压器、制冷剂蒸发气化的蒸发器等进行配管连接而成，通过使制冷剂在其内部循环，起着冷却或加热作用。

作为使用 CO₂ 制冷剂的冷冻循环装置的放热器和蒸发器中使用的热交换器，采用称为微型管热交换器的热交换器。微型管热交换器由内部形成有多个贯通小孔（制冷剂流路）的扁平管和增大与配置于该扁平管间的外部流体（如空气）的传热面积用的散热片所构成。贯通小孔的剖面形状是圆形，孔径约为

1mm。

作为 CO₂ 制冷剂用的冷冻机油，从润滑性优良的观点出发，大多采用矿物油（参照文献：B. E. Fagerli 著「Development and Experiment with a Hermetic CO₂ Compressor」Proceeding of the 1996 International Engineering Conference at Purdue, 229-234）。

然而，因矿物油是非极性油，故与 CO₂ 制冷剂为非相溶，与制冷剂一起从压缩机向循环中吐出的冷冻机油在放热器和蒸发器的制冷剂流路中以油滴状或作为油膜环状覆盖于管内壁的形态流动。由此引起热传递的障碍和导致压力损失增大，成为热交换器尺寸增大和效率降低的原因。特别是在非超临界区域的蒸发器中，因冷冻机油而造成的热传递明显下降。

又，使用微型管热交换器时，因制冷剂流路是孔径约 1mm 的非常细的传热管，故与使用以往对 HFC 制冷剂而使用的具有管径约 5mm 大小的剖面积的制冷剂流路相比，本发明者发现了对于因管内壁上形成的油膜和油滴所造成的热传递障碍以及压力损失的增大效果很大。其内容详述如下。

图 6 和图 7 分别是使用将相当直径 1.2mm 的微型管作为制冷剂流路的扁平管的蒸发器中的蒸发能力和压力损失的特性图。对于 CO₂ 制冷剂，冷冻机油采用非相溶的非极性油即矿物油。横轴是制冷剂循环量除以油（冷冻机油）循环量的油循环率。使用非相溶油时，可以看出通过增大油循环率，热传递率明显下降，压力损失明显增大。

按照下述的相关公式从含有图 6 和图 7 所示数据的各种实验数据中求出的计算值，能良好地与油和 CO₂ 制冷剂循环时的扁平管的蒸发热传递率及压力损失的值保持一致。

即，对于蒸发热传递率是作为管内蒸发热传递率的相关式将一般所知的 Lyu-Winterton 的相关式考虑了对核沸腾热传递率的油混合有影响的参数 Kfh 来进行修正，对于强制对流热传递率则是进行将液的物性值改变为制冷剂与油的混合物的值的修正。

（数式 1）

$$h = a \cdot \{ (E \cdot h_l)^2 + (S \cdot h_{pool})^2 \}^{0.5} \quad (\text{公式 1})$$

（数式 2）

$$h_{pool} = 55 \cdot Pr^{0.12} \cdot \{ -\log Pr^{-0.55} \cdot M^{-0.5} \cdot q^{0.67} \cdot Kfh \quad (\text{公式 2})$$

其中，h 是蒸发热传递率、a 是常数、h_l 是只视为液层流动时的强制对流

热传递率、 h_{pool} 是沸腾热传递率、 E 、 S 分别是强制对流、核沸腾程度的参数。

又，对于压力损失，作为二相流压力损失的相关式，一般是在已知的 Lockhart-Martnelli 的相关式中进行将液的物性值改变为制冷剂与油的混合物值的修正。

(数式 3)

$$\Delta P = \phi^2 \cdot \Delta P_f \cdot K_{fp} \quad (\text{公式 3})$$

其中， ϕ 是 Martnelli 的参数、 ΔP_f 是只视为液相流动时的压力损失、 K_{fp} 是修正参数。

图 8 是由上述相关公式求出的 CO_2 制冷剂的蒸发热传递率和压力损失的特性图(代表例)。横轴是制冷剂循环量除以油循环量的油循环率。又，纵轴是用油循环率为 0% 时的压力损失作为 100 时的压力损失之比除以油循环率为 0% 时的热传递率作为 100 时的热传递率之比的值的百分率。即，油循环率为 0% 时是 100，因油循环率增大，越是加大热传递率的下降且/或增大压力损失的增加，则数值越小于 100。

图 8 也表示了水力相当直径 De 不同的细管的特性，水力相当直径 De 越小，则热传递率的下降越大、且/或压力损失的增加越多。

下面对其作进一步详细探讨，图 9 为表示油循环率从 0 增至 4% 场合的(热传递率/压力损失)减少率与水力相当直径 De 的关系。当水力相当直径 De 从约 1mm 进一步减少时，可以看出(热传递率/压力损失)减少率急剧增大。即，若当水力相当直径 De 从约 1mm 进一步变细，则因受非相溶的油的影响，管内壁形成油膜或者油滴在管内飞散，大大降低热传递率、且/或压力损失的增加变大。

发明内容

本发明就为解决上述以往的冷冻循环的课题，其目的在于，提供一种小型、高效率的使用 CO_2 制冷剂的冷冻循环装置。

本发明第 1 技术方案的冷冻循环装置，包括：压缩二氧化碳(CO_2)制冷剂的压缩机；对所述压缩机中升压的制冷剂进行冷却的放热器；配置在离所述放热器的制冷剂下游侧、对冷却的制冷剂进行减压膨胀的减压器；以及对由所述减压器减压的制冷剂进行加热的蒸发器，

所述放热器及/或所述蒸发器的制冷剂流路是 1mm 或 1mm 以下的细管，使用以与所述 CO₂ 制冷剂相溶的有极性油作为主体而组成的冷冻机油。

本发明第 2 技术方案是在本发明第 1 技术方案的冷冻循环装置中，所述制冷剂流路是扁平管中形成的多个贯通小孔。

本发明第 3 技术方案是在本发明第 1 技术方案的冷冻循环装置中，作为所述冷冻机油，使用聚醚油、聚酯油、聚二醇油、聚碳酸酯油或者这些油的混合油。

本发明第 4 技术方案是在本发明第 1 技术方案的冷冻循环装置中，所述冷冻机油中含有的水分量为 100ppm 以下。

本发明第 5 技术方案是在本发明第 2 技术方案的冷冻循环装置中，所述贯通小孔是内面形成有槽的带内面槽小孔。

本发明第 6 技术方案是在本发明第 5 技术方案的冷冻循环装置中，所述带内面槽小孔的槽形状是梯形。

附图的简单说明

图 1 为本发明实施例 1 中的冷冻循环装置的概略结构图。

图 2 为本发明实施例 1 中使用的热交换器的结构图。

图 3 为本发明实施例 1 的热交换器中使用的传热管的结构图。

图 4 为本发明实施例 2 的冷冻循环装置中使用的热交换器的传热管要部放大结构图。

图 5 为本发明实施例 3 的冷冻循环装置中使用的热交换器的传热管要部放大结构图。

图 6 为使用将相当直径 1.2mm 的微型管作为制冷剂流路的扁平管的蒸发器中相对于油循环率的蒸发能力的特性图。

图 7 为使用将相当直径 1.2mm 的微型管作为制冷剂流路的扁平管的蒸发器中相对于油循环率的压力损失的特性图。

图 8 为有关水力相当直径 De 不同的细管的特性图。

图 9 为表示油循环率从 0 增至 4% 场合的（热传递率/压力损失）减少率与水力相当直径 De 的关系图。

图 10 为进行压热试验场合的试验后的 PET 树脂的拉伸强度特性图。

图 11 为进行压热试验场合的试验后的 PET 树脂的伸长特性图。

(符号的说明)

- 1、31、41 扁平管
- 2 贯通小孔
- 3 热交换器
- 9 散热片
- 11 压缩机
- 12 放热器
- 13 减压器
- 14 蒸发器
- 15 油分离器
- 16 辅助热交换器
- 17 副减压器
- 32、42 带内面槽小孔

具体实施方式

下面参照附图说明本发明的实施例。

(实施例 1)

图 1 为本发明实施例 1 中的冷冻循环装置的概略结构图。图 2 为放热器和蒸发器中使用的热交换器的结构图。又，图 3 为上述热交换器中使用的传热管的结构图。

图 1 至图 3 中，11 是压缩机，12 是形成于扁平管 1 中的、作为制冷剂流路的具有多个贯通小孔 2 的放热器，13 是减压器，14 是形成于扁平管 1 中的、作为制冷剂流路的具有多个贯通小孔 2 的蒸发器，通过将上述构件进行配管连接形成闭回路，并构成 CO₂ 制冷剂沿图中的箭头方向进行循环的冷冻循环。

并且，具有辅助热交换器 16，该辅助热交换器 16 用于在从放热器 12 的出口至减压器 13 的入口的制冷剂流路即放热侧制冷剂流路和从蒸发器 14 的出口至压缩机 11 的吸入部的制冷剂流路即蒸发侧制冷剂流路中进行热交换。

又，在压缩机 11 与放热器 12 间具有油分离器 15。由油分离器 15 分离的冷冻机油通过副减压器 17 并经由与压缩机 11 配管连接的辅助路径 18 返回到压缩机 11。未由油分离器 15 分离的冷冻机油与制冷剂一起流向冷冻循环的放热器 12 及蒸发器 14。

如图 2 和图 3 所示，放热器和蒸发器用的热交换器 3 在板状的厚度方向上以大致所定的间隔多个层叠有具有长度方向贯通的多个贯通小孔 2 的板状的扁平管 1（传热管）。将板状的长度方向的两端插入 1 对总管 4、5 内。为了对应于超临界状态的高压以及提高管内的热传递率，贯通小孔 2 的孔径细化成约 1mm，并且，其剖面形状呈圆形。

又，在 1 对总管 4、5 中设置有将内部沿总管的长度方向分割为多个的隔板 6。在 1 对总管 4、5 的任 1 个上设置有向热交换器 3 导入制冷剂用的制冷剂入口 7，从热交换器 3 流出制冷剂的制冷剂出口 8 设置在 1 对总管 4、5 的某 1 个中。板状的多个扁平管 1 沿厚度方向大致等间隔地进行配置，在扁平管 1 之间具有增大与外部流体（如空气）的传热面积用的散热片（波状散热片）9。

制冷剂采用 CO₂ 制冷剂，冷冻机油采用有极性油即聚二醇油（PAG 油），将该油中水分量调整至 100Ppm 以下。

下面说明具有以上结构的冷冻循环装置的动作。

由压缩机 11 压缩的 CO₂ 制冷剂处于高温高压状态并被导入放热器 12 中。在放热器 12 中，当 CO₂ 制冷剂处于超临界状态时，无论是气液二相状态都向空气和水等的介质放热，在从辅助热交换器 16 的放热器 12 的出口至减压器 13 的入口之间的放热侧制冷剂流路中进一步冷却。在减压器 13 中进行减压，成为低压的气液二相状态而被导入蒸发器 14。在蒸发器 14 中，从空气等中吸热，在从辅助热交换器 16 的蒸发器 14 的出口至压缩机 11 的吸入部之间的蒸发侧制冷剂流路中成为气态，再被吸入压缩机 11 中。

通过重复这一循环，进行由放热器 12 放热形成的加热作用、由蒸发器 14 吸热形成的冷却作用。由此，在辅助热交换器 16 中，对从放热器 12 流向减压器 13 的较高温度的 CO₂ 制冷剂与从蒸发器 14 流向压缩机 11 的较低温度的 CO₂ 制冷剂进行热交换。这样，由于从放热器 12 流出的 CO₂ 制冷剂进一步冷却，在减压器 13 中进行减压，因此减少了蒸发器 14 的入口的焓，使蒸发器 14 的入口和出口处的焓差加大，增大吸热能力（冷却能力）。

下面详细说明起着放热器 12 作用的的热交换器 3 的动作。如图 2 中的实线箭头所示，制冷剂在超临界状态下从制冷剂入口 7 流入总管 4 内的隔板 6 上部的空间，（1）经由插入总管 4 内的隔板 6 上部空间的多个扁平管 1 的贯通小孔 2 流入总管 5 内的上部，（2）从总管 5 内上部经由中部（比隔板 6 高的上部空间）折回，（3）经由扁平管 1 的贯通小孔 2 流入总管 4 内中部，（4）

从总管 4 内中部经由下部再折回，(5) 经由扁平管 1 内的贯通小孔 2 流入总管 5 内下部（比隔板 6 低的下部空间），以低温从制冷剂出口 8 流出。

本实施例中因采用有极性油即聚二醇油（PAG 油），故从压缩机与 CO₂ 制冷剂一起在循环中吐出的冷冻机油被溶解于 CO₂ 制冷剂中。结果是即使将制冷剂流路作成 1mm 以下的细管时，在构成放热器的制冷剂流路的扁平管 1 的贯通小孔 2 的管内壁面上形成起热阻作用的油膜而不会降低传热性能，可有效地利用具有超临界状态的 CO₂ 制冷剂的高热传递率。又，由于在贯通小孔 2 的管内壁面未形成油膜，且油滴不流动，因此不会导致压力损失增大。由此，管内热传递率非常高，可抑止因压力损失造成的性能下降，可作成小型且高性能的放热器。

在蒸发器方面，呈低压的气液二相状态的 CO₂ 制冷剂与冷冻机油一起流入构成蒸发器的制冷剂流路的扁平管 1 的贯通小孔 2 内，从空气等中吸热，一边蒸发一边成为环状喷雾流而流动。这样，虽然传热管内壁面上的热传递率对整个性能影响非常大，但在本实施例中与放热器的场合一样，因采用溶解于 CO₂ 制冷剂中的聚二醇油（PAG 油），故即使将制冷剂流路作成 1mm 以下的细管时，在扁平管 1 的贯通小孔 2 管内壁面上不形成起热阻力作用的油膜，因此，蒸发器不会导致热传递的下降和压力损失的增大，可使蒸发器小型且高效率化。

在以上的说明中对使用聚二醇油（PAG 油）作为有极性油作了说明，但也可使用其它的聚醇酯油（POE 油）、聚乙烯醚油、聚碳酸酯油或这些油的混合油作为有极性油，因对于 CO₂ 制冷剂的溶解度高，故可获得同样的效果。

又，本实施例中，由于将冷冻机油中含有的水分量调整在 100ppm 以下，因此使用有极性油时，通过加水分解不会使冷冻机油劣化，不会损害可靠性。

通过将冷冻机油中含有的水分量调整在 100ppm 以下，因将浸入冷冻循环中的水分量调整在 100ppm 以下，故能起到以下所述的作用。

本发明者通过以下的实验，确认了采用下列方法可获得的新事实及其作用。在压热容器中封入 CO₂ 制冷剂、PET（聚对苯二甲酸乙二酯）树脂薄膜以及含有水分 200ppm 的冷冻机油，进行了温度 140℃、压力 8MPa 和 11MPa、试验时间 500 小时的压热试验。PET 树脂使用的是作为对于 R134a 制冷剂的压缩机的缘缘薄膜具有市场实绩的树脂。图 10 和图 11 分别表示试验后的 PET 树脂的拉伸强度、伸长特性。与试验前的初始特性相比，可以看出暴露于高压的 CO₂ 制冷剂中的 PET 树脂的拉伸强度、伸长特性明显劣化。并且，在将冷冻机油中

含有的水分量调整在 100ppm 以下时，与初始特性相比，PET 树脂的拉伸强度、伸长特性基本上没有劣化。当然，在 R134a 制冷剂中，从市场实绩中已经知道 PET 树脂不会劣化，由此，该树脂因水分引起的劣化现象就是 CO₂ 制冷剂特有的特征。

从以上的实验结果中可以看出，当冷冻循环中含有的水分量超过 100ppm 时，冷冻循环中的 PET 树脂等的缘缘薄膜虽然会劣化，但在 100ppm 以下时则基本上不发生劣化。这样，本实施例中，通过将冷冻机油中含有的水分量调整在 100ppm 以下，因将浸入冷冻循环中的水分量调整在 100ppm 以下，故不会使冷冻循环的树脂劣化，可提高可靠性。

又，本实施例对设置有油分离器 15 的冷冻循环作了说明，因本发明采用溶解于制冷剂的有极性油，故在无油分离器 15 的场合当然特别能发挥出其效果。

（实施例 2）

下面参照附图说明本发明实施例 2 中的冷冻循环装置。

图 4 为实施例 2 的冷冻循环装置中使用的热交换器的传热管的要部放大结构图。与实施例 1 的不同点在于，将放热器和蒸发器的制冷剂流路即扁平管 31 内形成的多个贯通小孔作为在内表面上设有许多小三角形槽的带内面槽小孔 32。带内面槽小孔 32 的外径（与槽底部连接的假想直径）为 1mm、槽深为 0.1mm。并且，冷冻机油采用有极性油即聚醇酯油（POE 油），将该油中水分量调整为 100ppm 以下。

这样，由于将热交换器的制冷剂流路即贯通小孔作为在其内表面上设有许多的小三角形槽的带内面槽小孔 32，因此增大了制冷剂流路的传热面积，同时利用微小的槽所起的制冷剂的搅拌作用等，能极大地提高制冷剂的热传递率。

另外，本实施例中因采用有极性油即聚醇酯油（POE 油），故从压缩机与 CO₂ 制冷剂一起在循环中吐出的冷冻机油被溶解于 CO₂ 制冷剂中。结果是在构成放热器和蒸发器的制冷剂流路的扁平管 31 的带内面槽小孔 32 的管内壁面上形成了起热阻作用的油膜，不会降低传热性能，可有效地利用具有 CO₂ 制冷剂的高的热传递率。

又，由于在带内面槽小孔 32 的管内壁面上未形成油膜，且油滴不流动，因此不会导致压力损失增大。由此，管内热传递率非常高，可抑止因压力损失造成的性能下降，可作成小型且高性能的热交换器。

在以上的说明中对采用聚醇酯油（POE 油）作为有极性油作了说明，但即使采用其它有极性油，也因对于 CO₂ 制冷剂的溶解度高而可获得同样的效果。

又，本实施例中，由于将冷冻机油中含有的水分量调整在 100ppm 以下，因此使用有极性油时加水分解不会使冷冻机油劣化，不会损害可靠性。

（实施例 3）

下面参照附图说明本发明实施例 3 中的冷冻循环装置。

图 5 为实施例 3 的冷冻循环装置中使用的热交换器的传热管要部放大结构图。与实施例 2 的不同点在于，将放热器和蒸发器的制冷剂流路即扁平管 41 内形成的多个带内面槽小孔的槽的形状作成梯形的带梯形内面槽小孔 42。带内面槽小孔 42 的外径（与槽底部连接的假想直径）为 1mm、槽深为 0.1mm。以及槽数与上述实施例 2 的三角形槽（图 5 中的虚线 43）的场合一样，其槽的形状呈梯形。并且，冷冻机油采用有极性油即聚醇酯油（PVE 油），将该油中水分量调整为 100ppm 以下。

这样，由于将热交换器的制冷剂流路即贯通小孔作为在其内表面上设有小的梯形槽的带内面槽小孔 42，因此，与具有同一槽深、同一槽数的三角形的上述实施例 2 的传热管相比增大了制冷剂流路的传热面积，同时增大了制冷剂流路的浸湿边缘长度，减小了相当大的直径，再加上利用微小的槽所起的制冷剂的搅拌作用等，又由于增大了槽内的制冷剂的保持能力，在环状流的场合使液膜厚度均一化等，能极大地提高制冷剂的热传递率。另外，上述实施例 2 中可实现高热传递率，但因存在着该槽，有可能会发生促使油滴形成的不良现象，因本实施例 3 中是梯形，能进一步减少油膜形成。

另外，本实施例中，因采用有极性油即聚乙烯醚油（PVE 油），故从压缩机与 CO₂ 制冷剂一起在循环中吐出的冷冻机油被溶解于 CO₂ 制冷剂中。结果是在构成放热器和蒸发器的制冷剂流路的扁平管 41 的带内面槽小孔 42 的管内壁面上形成了起热阻作用的油膜，不会降低传热性能，可有效地利用具有 CO₂ 制冷剂的高的热传递率。

又，由于在带内面槽小孔 42 的管内壁面上未形成油膜，且油滴不流动，因此不会导致压力损失增大。由此，管内热传递率非常高，可抑止因压力损失造成的性能下降，可作成小型且高性能的热交换器。

在以上的说明中对使用聚乙烯醚油（PVE 油）作为有极性油作了说明，但即使使用其它有极性油也因对于 CO₂ 制冷剂的溶解度高而可获得同样的效果。

又，本实施例中由于将冷冻机油中含有的水分量调整在 100ppm 以下，因此使用有极性油时通过加水分解不会使冷冻机油劣化，不会损害可靠性。

产业上的可利用性

从上述说明中可以看出，采用本发明，通过在扁平管上形成的多个贯通小孔作为对 CO₂ 制冷剂的热交换器的制冷剂流路，采用以有极性油为主体组成的冷冻机油，在贯通小孔的管内壁面上形成了起着热阻和流动阻力的油膜，由此，可抑止热交换器中的热传递率的下降以及压力损失的增大，可实现小型且使用高效率的 CO₂ 制冷剂的冷冻循环装置。

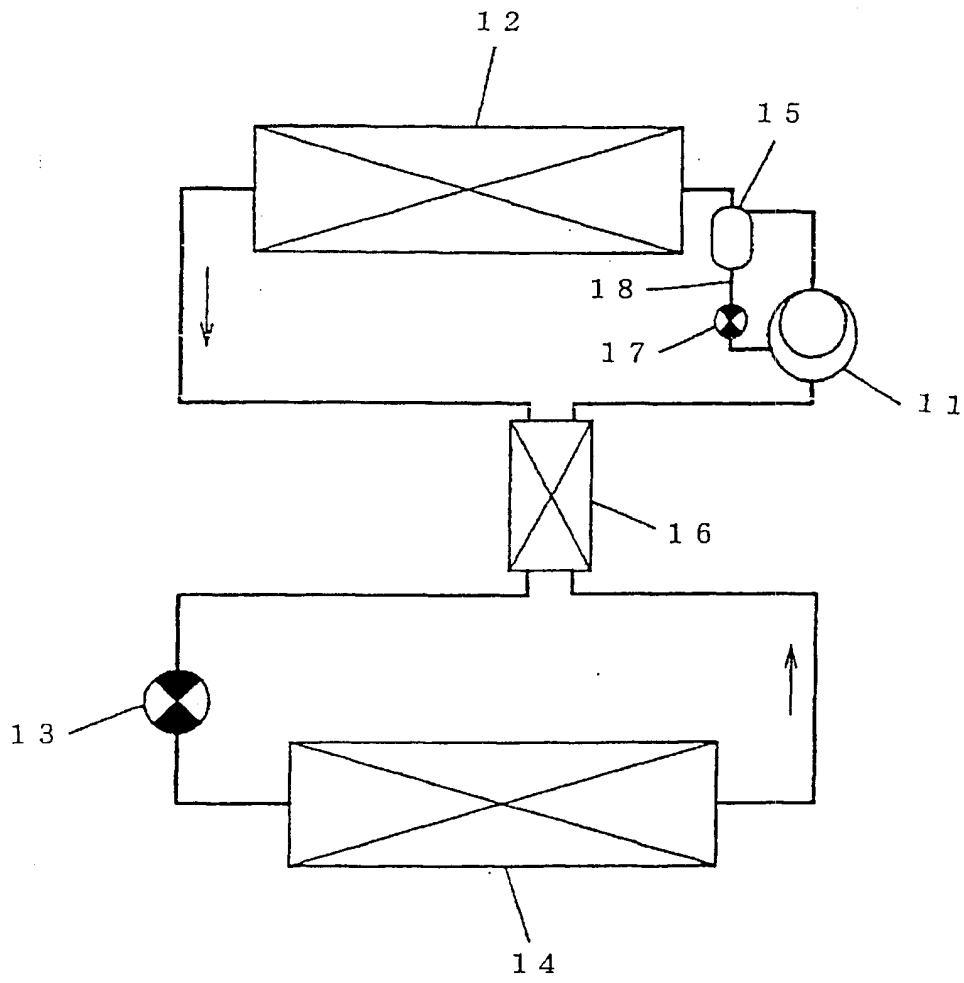


图 1

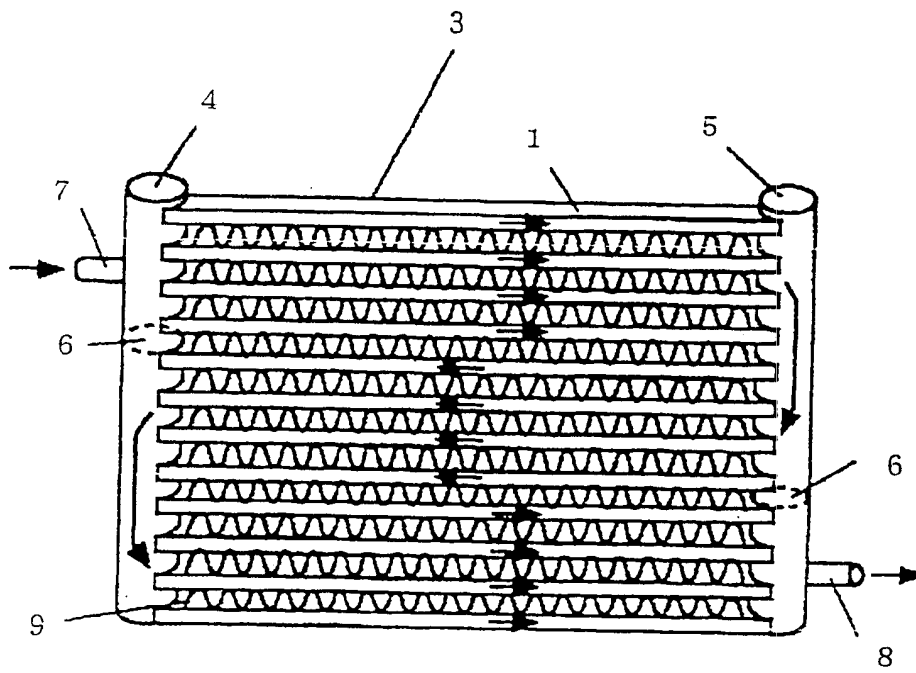


图 2

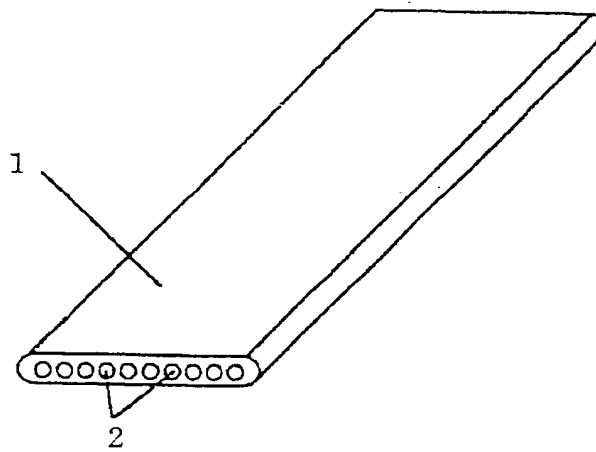


图 3

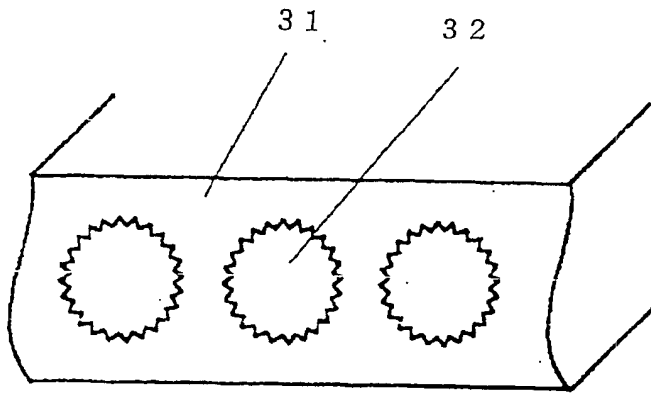


图 4

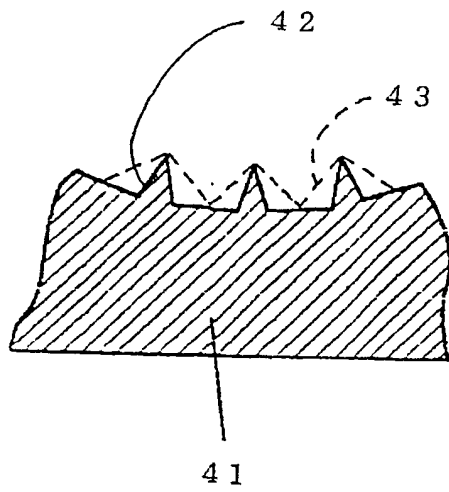


图 5

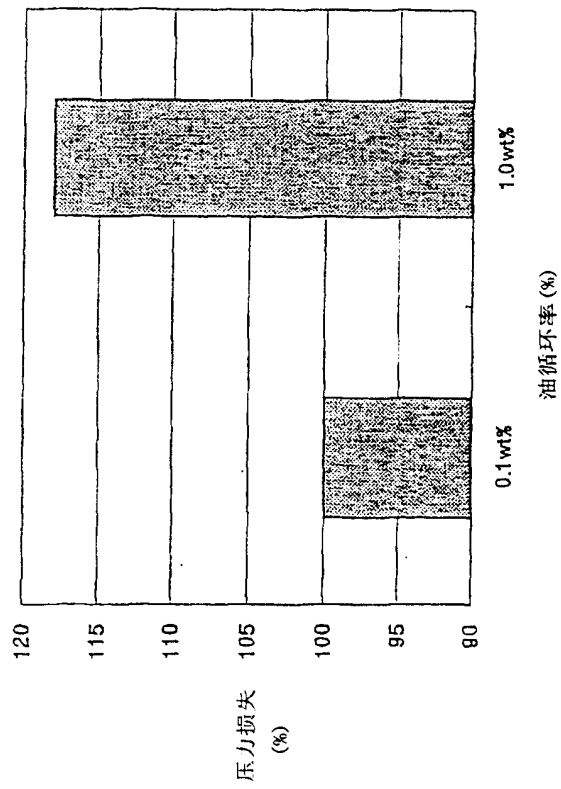


图 7

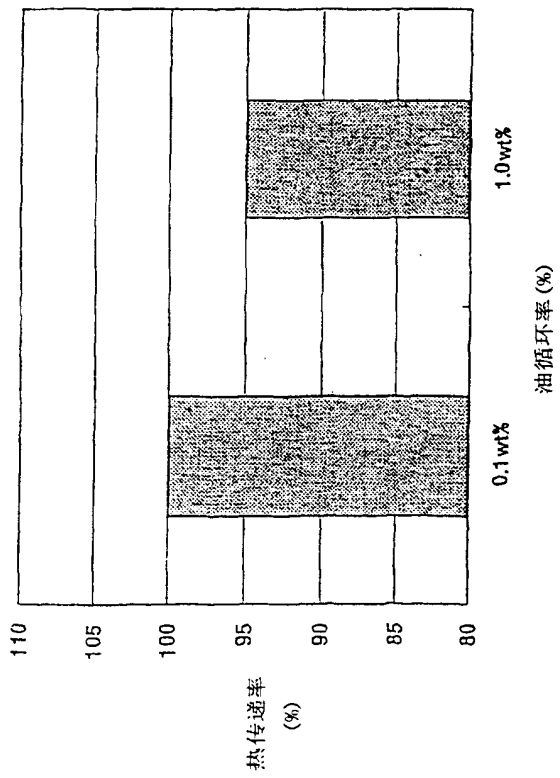


图 6

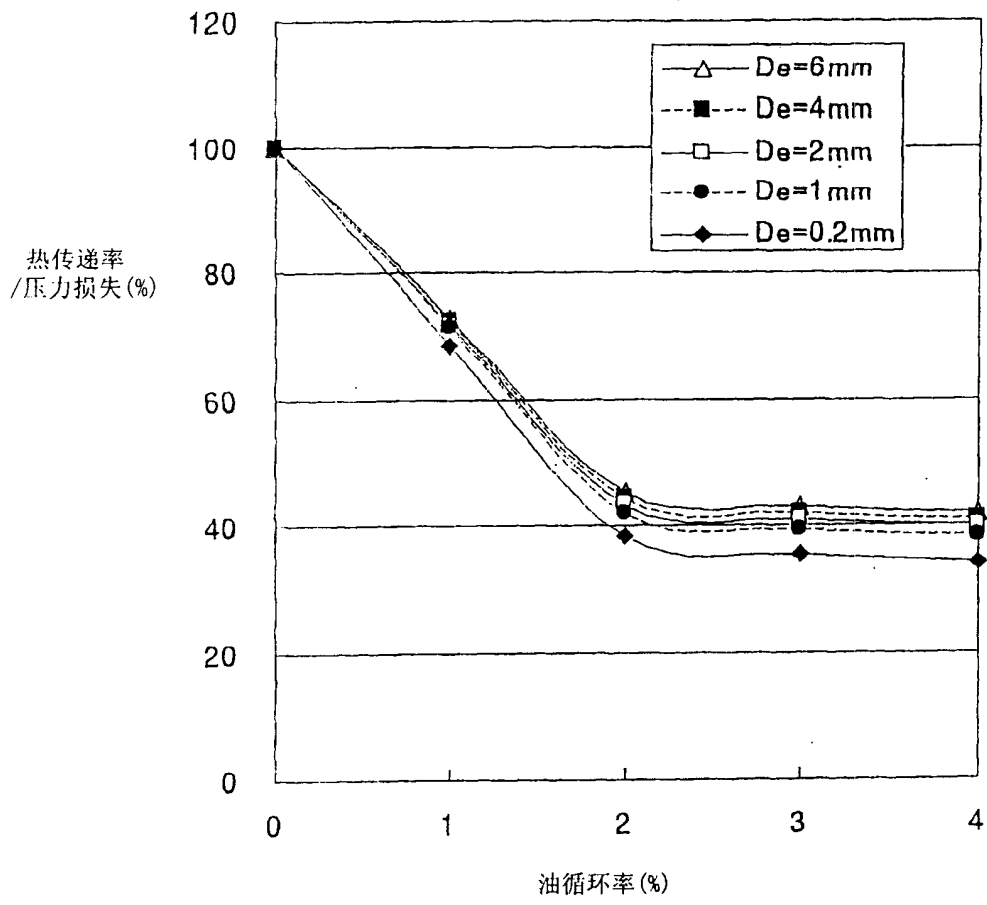


图 8

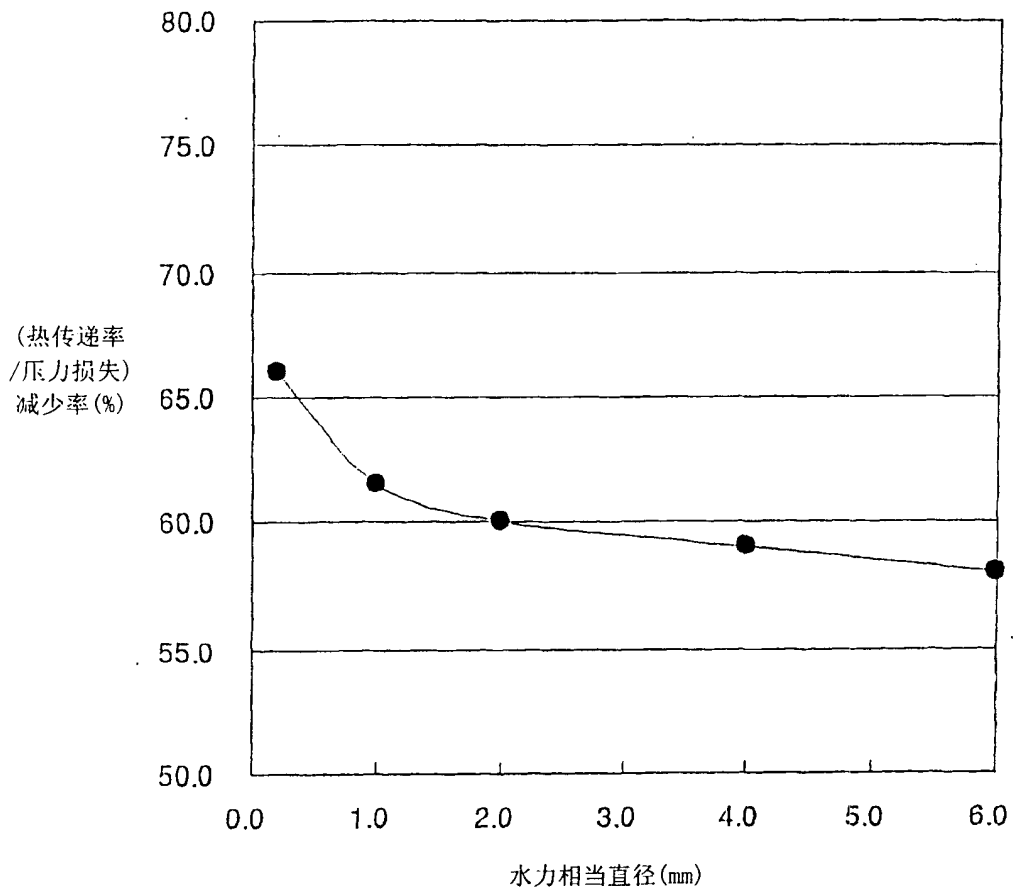


图 9

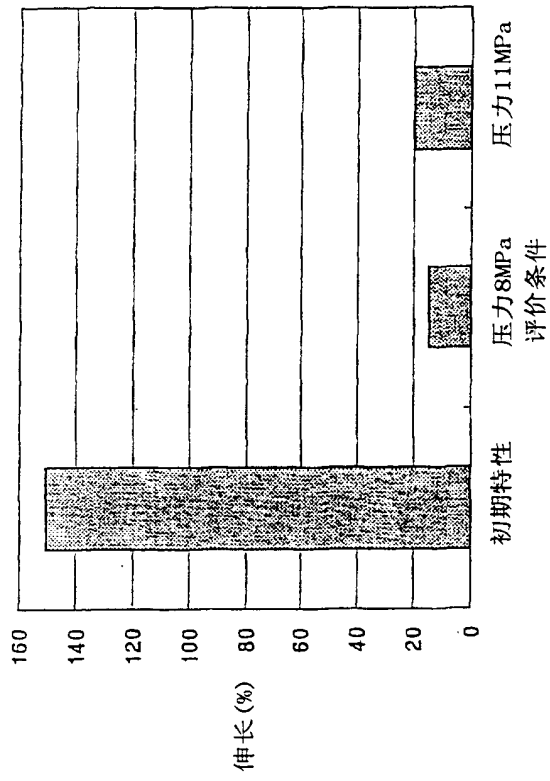


图 11

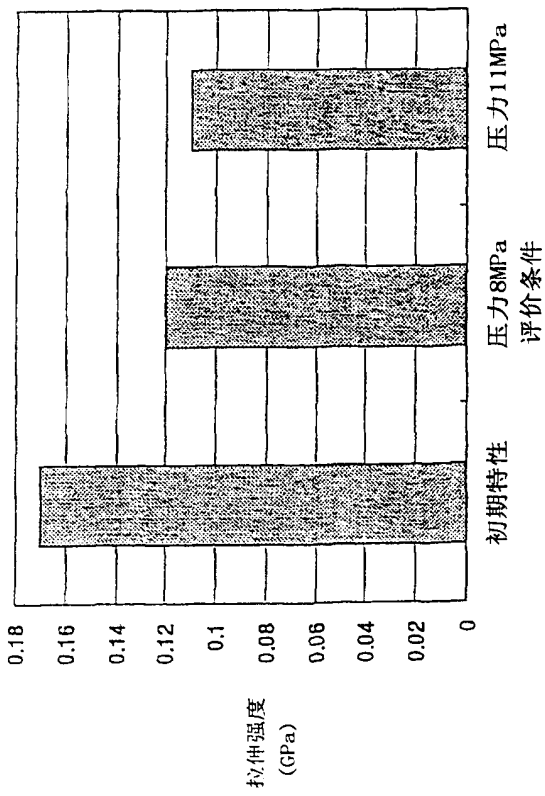


图 10