

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102022852 A

(43) 申请公布日 2011. 04. 20

(21) 申请号 201010284287. 7

F25B 41/04 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 09. 14

(30) 优先权数据

212348/2009 2009. 09. 14 JP

(71) 申请人 住友重机械工业株式会社

地址 日本东京都

(72) 发明人 石塚正之 立石裕一 许名尧

中野恭介

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 徐冰冰 黄剑锋

(51) Int. Cl.

F25B 9/14 (2006. 01)

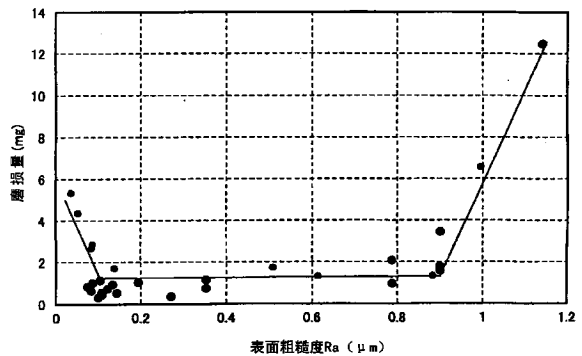
权利要求书 2 页 说明书 11 页 附图 7 页

(54) 发明名称

蓄冷式制冷机、其制造方法及其回转阀的制造方法

(57) 摘要

本发明提供一种蓄冷式制冷机、蓄冷式制冷机用回转阀的制造方法及蓄冷式制冷机的制造方法,该蓄冷式制冷机能够长期稳定地使用。该蓄冷式制冷机具有压缩机、在一端设置膨胀空间的缸、以及回转阀,所述回转阀设置在压缩机与缸之间,切换形成为工作流体从压缩机向膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从膨胀空间向压缩机侧流动的第 2 流道,通过膨胀空间中的工作流体的膨胀,使缸内产生寒冷,其中,回转阀具备具有第 1 平面的阀主体、以及具有与第 1 平面面接触的第 2 平面且在第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转的阀板,第 1 及第 2 平面的一方的算术平均粗糙度在 0.1 μm ~ 0.9 μm 的范围内,第 1 及第 2 平面的另一方具有树脂。



1. 一种蓄冷式制冷机，具有：
压缩机，压缩工作流体；
缸，被供给被压缩的工作流体，在内部具有蓄冷材料，在一端设置有膨胀空间；以及
回转阀，设置在所述压缩机与缸之间，切换形成为工作流体从所述压缩机向所述膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从所述膨胀空间向所述压缩机侧流动的第 2 流道；
通过所述膨胀空间中的工作流体的膨胀，使所述缸内产生寒冷；
该蓄冷式制冷机的特征在于，
所述回转阀具备：
阀主体，具有第 1 平面；以及
阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转；
所述第 1 及第 2 平面的一方的算术平均粗糙度 (Ra) 在 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.9\ \mu\text{m}$ 的范围内；
所述第 1 及第 2 平面的另一方具有树脂。
2. 如权利要求 1 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
所述第 1 及第 2 平面的一方具有金属添加碳膜。
3. 如权利要求 2 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
所述金属添加碳膜含有铬 (Cr)、钛 (Ti)、钨 (W)、硅 (Si) 及钼 (Mo) 中的至少一种。
4. 如权利要求 2 或 3 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
所述第 1 及第 2 平面的所述一方在所述金属添加碳膜的下侧具有镍 (Ni) 膜、铬 (Cr) 膜及氮化铬 (CrN) 膜中的至少一种。
5. 如权利要求 1 或 2 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
所述第 1 及第 2 平面的所述一方，作为母材具有铝金属或铝合金。
6. 如权利要求 1 或 2 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
所述树脂包含聚醚砜、全芳香族聚酯及 / 或聚四氟乙烯。
7. 如权利要求 1 或 2 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
该蓄冷式制冷机是 GM 制冷机、脉冲管制冷机或者苏尔威制冷机。
8. 如权利要求 5 所述的蓄冷式制冷机，其特征在于，
作为所述母材具有铝金属或铝合金的所述平面进行了铝阳极化处理。
9. 一种蓄冷式制冷机用回转阀的制造方法，所述蓄冷式制冷机用回转阀具备：
阀主体，具有第 1 平面；以及
阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转；
该蓄冷式制冷机用回转阀的制造方法的特征在于，具备：
由铝金属或铝合金构成所述阀主体、由树脂构成所述阀板的步骤，或者由树脂构成所述阀主体、由铝金属或铝合金构成所述阀板的步骤；
铝阳极化处理所述铝金属或铝合金的表面的步骤；

将所述铝阳极化处理过的表面进行喷丸硬化处理，形成算术平均粗糙度 (Ra) 在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ 范围内的平面的步骤。

10. 一种蓄冷式制冷机的制造方法，所述蓄冷式制冷机具有：

压缩机，压缩工作流体；

缸，被供给被压缩的工作流体，在内部具有蓄冷材料，在一端设置有膨胀空间；以及

回转阀，设置在所述压缩机与缸之间，切换形成为工作流体从所述压缩机向所述膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从所述膨胀空间向所述压缩机侧流动的第 2 流道；

通过所述膨胀空间中的工作流体的膨胀，使所述缸内产生寒冷；

该蓄冷式制冷机的制造方法的特征在于，

所述回转阀具备：

阀主体，具有第 1 平面；以及

阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转；

所述回转阀通过权利要求 9 所述的制造方法制造。

蓄冷式制冷机、其制造方法及其回转阀的制造方法

[0001] 本申请主张基于 2009 年 9 月 14 日申请的日本专利申请第 2009-212348 号的优先权。其申请的全部内容通过参照援用在本说明书中。

技术领域

[0002] 本发明涉及一种制冷机，尤其涉及一种能够使用回转阀切换向缸的工作流体的供给及来自缸的工作流体的排出的蓄冷式制冷机。

背景技术

[0003] 目前为止，作为能够产生超低温的制冷机，周知有吉福特-麦克马洪 (GM) 制冷机。GM 制冷机是利用基于在缸内往复运动的换置器的空间的体积变化，根据吉福特-麦克马洪制冷周期获得制冷效果的制冷机。

[0004] 在 GM 制冷机中，通过向缸内供给高压工作流体（例如氦气体），并使该工作流体在缸内绝热膨胀来产生超低温。成为该超低温的工作流体从周围吸收热的同时，与设置在缸内的蓄冷材料进行热交换而升温至室温，之后从缸内排出。由此缸内维持在超低温，冷却与缸热连接的冷却对象。从缸排出的工作流体在压缩机中压缩而成为高压的工作流体。之后，该高压的工作流体再供给到缸侧。

[0005] 由于进行这种工作流体的向缸的供给及从缸的排出，所以一般的情况下 GM 制冷机具有如回转阀那样的切换阀。

[0006] 回转阀具备圆柱状的旋转体的阀板和处于静止状态的阀主体。在使阀板旋转的状态下，将阀板的平面（滑动面）按压在阀主体的平面（滑动面）时，若两滑动面的相对位置成预定的关系，则形成从压缩机到缸的工作流体的供给流道。并且，若两滑动面的相对位置成其他预定的关系，则形成从缸向压缩机的工作流体的排出流道。从而，回转阀通过旋转 1 次阀板就能够交替转换工作流体的流道。

[0007] 作为这种回转阀的阀板与阀主体的滑动面的组合，一直以来使用金属与树脂的组合。

[0008] 作为金属通常使用铝或其合金。但是，一般铝及其合金因硬度较低，所以使用于回转阀的滑动面时，该滑动面预先通过铝阳极化处理改善表面，之后进行精抛光。并且，提案有为了提高滑动面的耐磨性，在滑动面涂覆由类金刚石 (DLC) 构成的薄膜的技术（专利文献 1）。

[0009] 专利文献 1：日本特开 2001-280728 号公报

[0010] 然而，如所述的铝合金（铝阳极化处理）/树脂的组合中，存在滑动面因磨损易劣化而必须以较短的间隔进行保养或部件的更换的问题。

[0011] 并且，在滑动面涂覆 DLC 时，虽然抑制一部分涂覆施工面本身的磨损的程度，但在与该涂覆面面接触的相对侧的滑动面中，依然残留易产生因磨损劣化的状态。从而，此方法无法成为解决问题的根本对策。

发明内容

[0012] 本发明是鉴于这种问题而完成的，其目的在于提供一种有意抑制滑动部的因磨损的劣化、且具有能够长期稳定使用的回转阀的蓄冷器式制冷机。

[0013] 在本发明中，提供一种蓄冷式制冷机，具有：

[0014] 压缩机，压缩工作流体；

[0015] 缸，被供给被压缩的工作流体，在内部具有蓄冷材料，在一端设置有膨胀空间；以及

[0016] 回转阀，设置在所述压缩机与缸之间，切换形成为工作流体从所述压缩机向所述膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从所述膨胀空间向所述压缩机侧流动的第 2 流道；

[0017] 通过所述膨胀空间中的工作流体的膨胀，使所述缸内产生寒冷，该蓄冷式制冷机的特征在于，

[0018] 所述回转阀具备：

[0019] 阀主体，具有第 1 平面；以及

[0020] 阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转；

[0021] 所述第 1 及第 2 平面的一方的算术平均粗糙度 Ra 在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ 的范围内；

[0022] 所述第 1 及第 2 平面的另一方具有树脂。

[0023] 另外，在本申请中，“蓄冷式制冷机”是指如 GM 制冷机、脉冲管制冷机及苏尔威制冷机那样的、具有通过流入包含蓄冷材料的缸内的工作流体绝热膨胀来在缸内产生寒冷的机构的所有制冷机。

[0024] 在此，根据本发明的蓄冷式制冷机中，所述第 1 及第 2 平面的一方可以具有金属添加碳膜。

[0025] 并且，根据本发明的蓄冷式制冷机中，所述金属添加碳膜可以含有铬 (Cr)、钛 (Ti)、钨 (W)、硅 (Si) 及钼 (Mo) 中的至少一种。

[0026] 并且，根据本发明的蓄冷式制冷机中，所述第 1 及第 2 平面的所述一方可以在所述金属添加碳膜的下侧具有镍 (Ni) 膜、铬 (Cr) 膜及氮化铬 (CrN) 膜中的至少一种。

[0027] 并且，根据本发明的蓄冷式制冷机中，所述第 1 及第 2 的平面的所述一方，作为母材可以具有铝金属或铝合金。

[0028] 并且，根据本发明的蓄冷式制冷机中，所述树脂可以包含聚醚砜 (PES)、全芳香族聚酯 (WAPE) 及 / 或聚四氟乙烯 (PTFE)。

[0029] 并且，在本发明中，该蓄冷式制冷机可以是 GM 制冷机、脉冲管制冷机、或者苏尔威制冷机。

[0030] 在此，作为所述母材具有铝金属或铝合金的所述平面可以进行铝阳极化处理。

[0031] 另外，在本发明中提供一种蓄冷式制冷机用回转阀的制造方法，所述蓄冷式制冷机用回转阀具备：

[0032] 阀主体，具有第 1 平面；

[0033] 阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转，该蓄冷式制冷机用回转阀的制造方法的特征在于，具备：

[0034] 由铝金属或铝合金构成所述阀主体、由树脂构成所述阀板的步骤，或者由树脂构成所述阀主体、由铝金属或铝合金构成所述阀板的步骤；

[0035] 铝阳极化处理所述铝金属或铝合金的表面的步骤；

[0036] 将所述铝阳极化处理过的表面进行喷丸硬化处理，形成算术平均粗糙度 R_a 在 $0.1 \mu m \sim 0.9 \mu m$ 范围内的平面的步骤。

[0037] 另外，在本发明中提供一种蓄冷式制冷机的制造方法，所述蓄冷式制冷机具有：

[0038] 压缩机，压缩工作流体；

[0039] 缸，被供给被压缩的工作流体，在内部具有蓄冷材料，在一端设置有膨胀空间；以及

[0040] 回转阀，设置在所述压缩机与缸之间，切换形成为工作流体从所述压缩机向所述膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从所述膨胀空间向所述压缩机侧流动的第 2 流道；

[0041] 通过所述膨胀空间中的工作流体的膨胀，使所述缸内产生寒冷，该蓄冷式制冷机的制造方法的特征在于，

[0042] 所述回转阀具备：

[0043] 阀主体，具有第 1 平面；以及

[0044] 阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转，

[0045] 所述回转阀通过上述制造方法制造。

[0046] 发明效果

[0047] 在本发明中，提供一种有意抑制滑动部的因磨损的劣化、且具有能够长期稳定使用的回转阀的蓄冷器式制冷机。

附图说明

[0048] 图 1 是示意地表示根据本发明的 GM 制冷机的一例的剖视图。

[0049] 图 2 是根据本发明的回转阀的分解立体图。

[0050] 图 3 是表示铝合金制阀板的平面的算术平均粗糙度 R_a 与树脂制阀主体的平面的磨损量之间的关系图表。

[0051] 图 4 是表示例 1 中的铝阳极化处理后的铝合金的表面状态的图。

[0052] 图 5 是表示例 2 中的喷丸硬化后的铝合金的表面状态的图。

[0053] 图 6 是表示例 2 中的设置含钨的碳膜之后的铝合金的表面状态的图。

[0054] 图 7 是表示在例 1 的盘与树脂环的界面产生的摩擦系数的经时变化的图表。

[0055] 图 8 是表示在例 2 的盘与树脂环的界面产生的摩擦系数的经时变化的图表。

[0056] 图 9 是表示例 3 中喷丸硬化后的铝合金的表面状态的图。

[0057] 附图标记

[0058] 100-GM 制冷机，101- 气体压缩机，101a- 进气口，101b- 排出口，102- 冷头，103a、103b- 换置器，104、105- 蓄冷材料，106- 第 1 级冷却台，107- 第 2 级冷却台，110- 缸部，110a- 第 1 级缸，110b- 第 2 级缸，111- 第 1 级膨胀室，112- 第 2 级膨胀室，

113- 上部室, 114- 曲柄, 114a- 偏心销, 115- 电动机, 116- 旋转轴承, 117a、117b- 滑动轴承, 119- 销, 120- 螺旋弹簧, 121- 气体流道, 122- 挡车轭, 123- 壳体部, 124- 壳体, 155- 回转阀, 161- 阀主体, 165a、175a- 平面, 165b、165e- 气体流道, 165c、175d- 槽, 165d- 端部, 171- 阀板, 175b- 气体流道。

具体实施方式

[0059] 以下参照附图, 对本发明的制冷机进行详细说明。

[0060] 图 1 中示意地表示本发明的吉福特-麦克马洪 (GM) 制冷机的剖视图的一例。

[0061] 根据本发明的 GM 制冷机 100 具有气体压缩机 101 和冷头 102。冷头 102 具有壳体部 123 和缸部 110。

[0062] 气体压缩机 101 从进气口 101a 吸入工作流体, 进行压缩而从排出口 101b 排出高压工作流体。作为工作流体通常使用氦气体。

[0063] 缸部 110 成为第 1 级缸 110a 及第 2 级缸 110b 的 2 级结构, 第 2 级缸 110b 的直径比第 1 级缸 110a 小。在两缸 110a 及 110b 内, 可分别向两缸的轴向往复运动地插入有换置器 103a 及 103b。换置器 103a 及 103b 互相连结。并且, 换置器 103a 及 103b 内, 分别形成有填充蓄冷材料 104 及 105 的气体流道。

[0064] 在第 1 级缸 110a 的第 2 级缸 110b 侧的端部形成有第 1 级膨胀室 111, 在另一方的端部形成有上部室 113。在第 2 级缸 110b 的第 1 级缸 110a 侧的相反侧的端部形成有第 2 级膨胀室 112。

[0065] 上部室 113 通过设置在换置器 103a 的上端的气体流道 L1、换置器 103a 内的填充有蓄冷材料 104 的气体流道及设置在换置器 103a 的下端的气体流道 L2 与第 1 级膨胀室 111 连通。另一方面, 第 1 级膨胀室 111 通过设置在换置器 103b 的上端的气体流道 L3、换置器 103b 内的填充蓄冷材料 105 的气体流道及设置在换置器 103b 的下端的气体流道 L4, 与第 2 级膨胀室 112 连通。

[0066] 第 1 级缸 110a 的外周面中, 在对应于第 1 级膨胀室 111 的位置安装有由热传导性部件形成的第 1 级冷却台 106。并且, 第 2 级缸 110b 的外周面中, 在对应于第 2 级膨胀室 112 的位置安装有由热传导性部件形成的第 2 级冷却台 107。

[0067] 第 1 级换置器 103a 的外周面中, 在上部室 113 侧的端部附近配置有密封机构 150。通过密封机构 150 密封换置器 103a 的外周面与第 1 级缸 110a 的内周面之间的间隙。

[0068] 在第 1 级换置器 103a 上连结有挡车轭 122, 该挡车轭 122 延伸至第 1 级缸 110a 的外方 (在图 1 中是上方)。挡车轭 122 通过固定在壳体 124 的滑动轴承 117a 及 117b 可向换置器 103a、103b 的轴向移动地被支承。在滑动轴承 117b 中, 维持滑动部的气密性, 因此壳体 124 内的空间与上部室 113 被隔绝。在壳体 124 内收容有电动机 115, 该电动机 115 的旋转运动通过曲柄 114 及挡车轭 122 传递到换置器 103a。并且, 由此, 换置器 103a、103b 被往复驱动。

[0069] 在工作流体的流道中, 压缩机 1 的进气口 101a 及排出口 101b 与上部室 113 之间配置有回转阀 155。回转阀 155 具有转换工作流体的流道、将从气体压缩机 101 的排出口 101b 排出的工作流体引导至上部室 113 内、或者将上部室 113 内的工作流体引导至气

体压缩机 101 的进气口 101a 的作用。

[0070] 回转阀 155 具有阀主体 161 及阀板 171。阀板 171 通过旋转轴承 116 可在壳体 124 内旋转地被支承。驱动挡车轭 122 的曲柄 114 的偏心销 114a 以旋转轴为中心公转，由此，阀板 171 旋转。阀主体 161 通过螺旋弹簧 120 被按压在阀板 171 上。其中，阀主体 161 由销 119 限制为不旋转。

[0071] 在图 2 表示回转阀 155 的分解立体图。

[0072] 圆柱状的阀主体 161 具有平面 165a。并且，在圆柱状的阀主体 161 上形成有气体流道 165b，该气体流道 165b 沿着阀主体 161 的中心轴贯穿阀主体 161。气体流道 165b 的一端向平面 165a 开口。气体流道 165b 的另一端与图 1 所示的气体压缩机 101 的排出口 101b 连接。

[0073] 并且，在阀主体 161 的平面 165a 上沿以阀主体 161 的中心轴为中心的圆弧形成有槽 165c。槽 165c 的端部 165d 在阀主体 161 的内部与形成为 L 字形的气体流道 165e 的一端连接。并且，气体流道 165e 的另一端向阀主体 161 的外周面开口，气体流道 165e 通过该开口经由图 1 所示的气体流道 121 连通至上部室 113。

[0074] 另一方面，阀板 171 具有与阀主体 161 的平面 165a 相互面接触的平面 175a。在该平面 175a 上形成有槽 175d。槽 175d 从平面 175a 的中心沿着平面 175a 的半径方向延伸。从而，阀板 171 旋转，并且槽 175d 的外周侧的端部与阀主体 161 的平面 165a 的槽 165c 局部重叠时，气体流道 165b 和气体流道 165e 通过槽 175d 连通。

[0075] 并且，平面 175a 中沿着阀板 171 的旋转轴方向形成有气体流道 175b，气体流道 175b 向轴向贯穿阀板 171。气体流道 175b 在平面 175a 内的半径方向，在与形成在阀主体 161 的平面 165a 的槽 165c 几乎相同的位置开口。气体流道 175b 的另一端通过图 1 所示的壳体 124 内的空腔连接在气体压缩机 101 的进气口 101a 上。从而，阀板 171 旋转，并且气体流道 175b 的开口部与阀主体 161 的槽 165c 局部重叠时，连通气体流道 165e 与气体流道 175b。并且，由此，上部室 113 通过气体流道 121 ~ 气体流道 165e ~ 气体流道 175b 连通至气体压缩机 101 的进气口 101a。

[0076] 接着，简单说明使用这种 GM 制冷机 100 对冷却对象进行冷却的方法。

[0077] GM 制冷机 100 工作时，回转阀 155 的阀主体 161 的平面 165a 与阀板 171 的平面 175a 面接触，阀板 171 的平面 175a 在旋转的状态下按压在阀主体 161 的平面 165a 上。

[0078] 此时，若气体流道 165b 和气体流道 165e 通过槽 175d 连通，则从气体压缩机 101 向上部室 113 内送入工作流体。另一方面，若气体流道 165e 和气体流道 175b 连通，则上部室 113 内的工作流体被回收至气体压缩机 101。从而，通过使阀板 171 旋转，能够反复进行向上部室 113 的工作流体的导入和从上部室 113 的工作流体的回收。

[0079] 在此，再一次参照图 1，GM 制冷机工作时，若驱动电动机 115，则曲柄 114 旋转，由此，挡车轭 122 向上下方向往复运动。并且，由此，与挡车轭 122 连结的第 1 级换置器 103a、还有第 2 级换置器 103b 向上下方向往复运动。

[0080] 若换置器 103a、103b 向上部室 113 侧移动，则上部室 113 的容积减少，第 1 级及第 2 级膨胀室 111 及 112 的容积增加。另一方面，若换置器 103a、103b 向反方向移动，则容积的增减就反过来。尤其，若膨胀室 111 及 112 的容积增加，则工作流体绝热膨胀而在膨胀室内部产生寒冷。并且，随着上部室 113、膨胀室 111 及 112 的容积的变动，工

作流体通过气体流道 L1 ~ L4 而移动。此时，在低温的工作流体与蓄冷材料 104 及 105 之间进行热交换。

[0081] 如上所述的工作流体的导入及回收的反复和换置器 103a 及 103b 的往复驱动均与曲柄 114 的旋转同期进行。从而，根据适当调整工作流体的导入与回收的反复的相位和换置器 103a 及 103b 的往复驱动的相位，可在第 1 级膨胀室 111 及第 2 级膨胀室 112 内连续产生寒冷。并且，由此能够冷却安装在第 1 级冷却台 106 及第 2 级冷却台 107 的冷却对象（未图示）。

[0082] 作为这种回转阀 155 的阀主体 161 的平面 165a 和阀板 171 的平面 175a 的材料组，一直以来使用树脂和非磁性体金属的组合。使用非磁性体金属是因为使用具有磁性的金属时，存在回转阀 155 影响 GM 制冷机 100 及连接于此的冷却对象的动作的忧虑（尤其，冷却对象是超传导装置等利用磁特性的装置的情况较多）。

[0083] 通常，作为非磁性体金属使用铝或其合金，作为树脂使用四氟乙烯（例如，NTN 公司制造的精密树脂 FL3000）。另外，一般铝及其合金因硬度较低，所以使用于回转阀的滑动面（平面 165a 或 175a）时，该滑动面预先通过铝阳极化处理改善表面。并且，铝阳极化处理的表面，之后精抛光而最终获得平滑的平面。在以往，根据该方法最终获得的滑动面的算术平均粗糙度 Ra 不到 $0.1 \mu\text{m}$ 。

[0084] 此外，还提案有为提高平面的耐磨性，在金属侧的平面进一步涂覆由类金刚石（DLC）构成的薄膜的技术。

[0085] 然而，在如上所述的树脂 / 铝合金（铝阳极化处理）的组合中，存在阀主体及阀板的两平面由于相互磨损，在比较短时间内劣化、损耗的问题。这有可能涉及到回转阀的寿命，进一步涉及 GM 制冷机整体的寿命缩短的问题。并且有可能发生必须以比较短的间隔进行回转阀的保养或部件的更换的问题。

[0086] 并且，例如在铝合金侧的平面涂覆 DLC 时，虽然多少能抑制平面本身的磨损程度，但与该平面（例如，图 2 的平面 175a）面接触的相对侧的平面（例如，图 2 的平面 165a）依然存在容易产生因磨损的劣化的情况。从而，该方法无法成为问题的根本对策。

[0087] 另一方面，在本发明中具有如下特征：一方的平面（例如，阀板 171 的平面 175a）的算术平均粗糙度 Ra 在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ 的范围内，在该平面设置有金属添加碳膜。

[0088] 以下，对于包含于该特征的思想及其效果进行说明。另外，在以下的说明中以如下情况为例说明本发明的效果：阀板 171 的平面 175a 为具有所述的结构平面（即为算术平均粗糙度 Ra 在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ 的范围，并设置有金属添加碳膜的平面）。

[0089] (1) 本发明具有如下特征：阀板 171 的平面 175a 的算术平均粗糙度 Ra（以下，仅称为“Ra”）在 $0.1 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ 的范围内。

[0090] 目前为止，一直以为金属侧的平面 Ra 优选尽量较小。这是因为若金属侧的平面的 Ra 变大，则面接触的相对侧的树脂制平面由于金属侧的平面的凸部而被磨损的危险性变大。并且，磨损相对侧的树脂制平面时，金属侧的平面本身也因磨损而损耗。在以往的阀板中，对铝阳极化处理后平面最终进行研磨处理而精加工成平滑的情况也是因此原因。在以往金属侧的平面中，最终精加工后的 Ra 最大也就抑制在不到 $0.10 \mu\text{m}$ 的范围内。

[0091] 与此相反,在本发明中,阀板 171 的平面 175a 的 Ra 成为 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上,利用了与以往的想法完全相反的思想。这是基于如下根据本申请发明人们最初获得的试验结果的思想:在阀板 171 的平面 175a 的 Ra 不到 $0.1\ \mu\text{m}$ 的区域内,Ra 越变小,相对侧的阀主体 161 的平面 165a 的磨损量越上升。

[0092] 在图 3 中,表示由本申请发明人们测量的、阀板 171 的平面 175a 的 Ra 与阀主体 161 的平面 165a 的磨损量的关系。使用于该实验中的平面 175a 由铝阳极化处理后最终进行研磨处理的铝合金构成。并且,平面 165a 由聚醚砜 (PES)、全芳香族聚酯 (WAPE) 及聚四氟乙烯 (PTFE) 3 种材料构成。阀板 171 的转速设为 135rpm,实验时间设为 167 小时。

[0093] 从该图惊奇地发现,在 Ra 不到 $0.1\ \mu\text{m}$ 的范围内 Ra 越变小,阀主体 161 的平面 165a 的磨损量越上升。另外,关于获得这种举动的详细的理由,目前还不明,但是可认为是如下原因:若表面过于平滑,则平面 165a 及 175a 的两滑动面彼此之间易产生吸附,滑动反而变差(即,摩擦变大)。并且,也可以预测为如下原因:若平面 175a 过于平滑,棱边状的(锐利地突出的)凸部相对地加强,因该凸部在相对的平面 175a 易产生强烈的“划痕损伤”。

[0094] 另一方面,从图 3 可知,平面 175a 的 Ra 为 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上时,即使 Ra 增加,阀主体 161 的平面 165a 的磨损量也几乎不变。这可以认为是如下原因:Ra 为 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上时,与 Ra 不到 $0.1\ \mu\text{m}$ 时相比,平面 165a、175a 彼此之间的滑动变得更圆滑。并且,也能考虑到在平面 175a 中,棱边状的凸部变得相对地不明显,在相对的平面 165a 变得难以产生强烈的“划痕损伤”,其结果,平面 165a 的磨损量不怎么增加。

[0095] 总之,从该结果来看,以抑制磨损量为目的,在尽可能抑制 Ra 的方向(例如 $\text{Ra} < 0.1\ \mu\text{m}$) 进行表面的调整的以往的方法中,可知反而提高阀主体 161 的平面 165a 的磨损量的可能性较高。

[0096] 相反,通过将阀板 171 的平面 175a 的 Ra 设为 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上,与以往相比更能抑制阀主体 161 的平面 165a 的磨损量。

[0097] 另外,在本发明中,阀板 171 的平面 175a 的 Ra 的上限是 $0.9\ \mu\text{m}$ 。从图 3 可知,这是因为若阀板 171 的平面 175a 的 Ra 超过 $0.9\ \mu\text{m}$,则阀主体 161 的平面 165a 的磨损量再次开始上升。作为该举动的原因认为若平面 175a 的 Ra 变大到超过 $0.9\ \mu\text{m}$,则如一直以来所预测的那样,基于平面 175a 的凸部的平面 165a 的损伤变得更明显。

[0098] 从以上来看,在本发明中,金属侧的平面 175a 的 Ra 在 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.9\ \mu\text{m}$ 的范围内调整。

[0099] 另外,具有这种 Ra 的范围的表面,例如可通过基于粒径在 $10 \sim 200\ \mu\text{m}$ 的范围的陶瓷粒子的喷丸硬化处理等的应用而容易获得。

[0100] (2) 在本发明中,在阀板 171 的平面 175a 中设置有“金属添加碳膜”。

[0101] 另外,在本申请中,需要注意“金属添加碳膜”是指以碳膜为基体,在该基体上分散或配置金属的膜整体。金属可以在碳基体中分散为粒子状也可配置成层状。

[0102] 金属添加碳膜具有提高设置有该膜的表面本身的耐磨性的作用。从而,通过在阀板 171 的平面 175a 设置金属添加碳膜来抑制平面 175a 本身的磨损。另外,由本申请发明人们确认了如下内容:只要不极端地加厚金属添加碳膜,在金属添加碳膜的设置前

后，表面的 Ra 就没怎么变化。换言之，在设置金属添加碳膜之前，将表面的 Ra 控制在 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.9\ \mu\text{m}$ 的范围内时，金属添加碳膜的设置后也维持该 Ra。

[0103] 作为包含在金属添加碳膜的金属材料，例如有铬 (Cr)、钛 (Ti)、钨 (W)、硅 (Si)、钼 (Mo) 及它们的组合。碳膜 (基体部分) 也可以是 DLC。

[0104] 金属添加碳膜的厚度没有特别限制，但是，例如可以是 $1\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ 范围。另外，若金属添加碳膜的厚度极端地变得过厚，则存在以下可能：设置膜之前即使预先将表面的 Ra 控制在 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.9\ \mu\text{m}$ 范围，最终获得的表面的 Ra 也偏离该范围。此时，在设置金属添加碳膜之后精加工表面，以使表面的 Ra 成为 $0.1\ \mu\text{m} \sim 0.9\ \mu\text{m}$ 的范围。

[0105] 金属添加碳膜可直接设置在构成阀板 171 的平面 175a 的母材 (例如，铝合金或铝阳极化处理表面) 上，或者也可通过中间层设置在母材上。根据通过中间层提高金属添加碳膜的紧密性。作为中间层可举出镀镍 (Ni) 层、镀铬 (Cr) 层。或者也可以通过 CVD 法等母材表面设置氮化铬 (CrN) 层，并以此作为中间层。中间层的厚度例如为 $1\ \mu\text{m} \sim 15\ \mu\text{m}$ 的范围。

[0106] 另一方面，与设置有金属添加碳膜的阀板 171 的平面 175a 面接触的、构成阀主体 161 的平面 165a 的树脂优选由工程塑料构成。

[0107] 树脂例如可以包含聚酰亚胺、聚醚醚酮、聚酰胺酰亚胺、聚醚醚砜 (ポリエーテルエーテルサルホン) 及酚醛树脂中的至少一种。并且，树脂也可以是聚酰胺酰亚胺和聚四氟乙烯 (PTFE) 的混合物。或者，树脂也可以是包含聚醚砜 (PES)、全芳香族聚酯 (WAPE) 及 / 或聚四氟乙烯 (PTFE) 的树脂。尤其将含有 PES、WAPE 及 PTFE 的树脂 (以下称为“3 种混合树脂”) 使用在平面 165a 时，因为有意抑制平面 165a 和设置有金属添加碳膜的平面 175a 之间的摩擦系数，所以“3 种混合树脂”可以称为特别优选的树脂。

[0108] 在本发明中，通过上述 (1) 与 (2) 的 2 个效果，在平面 165a 及平面 175a 的各自中基于滑动的磨损被抑制。从而，根据本发明的回转阀可长期间稳定地使用，且可以抑制部件的更换次数或保养的频度。并且，通过使用这种回转阀能够提供发挥长期间稳定的特性的制冷机。

[0109] 另外，在上述记载中，对于将阀板 171 的平面 175a 设为金属侧、将阀主体 161 的平面 165a 设为树脂侧的例子进行了说明。然而很明显，金属 / 树脂的应用也可以相反，即，也可以将阀板 171 的平面 175a 设为树脂侧，将阀主体 161 的平面 165a 设为金属侧。

[0110] 并且，在上述记载中，作为应用根据本发明的回转阀的装置的例子采用了 GM 制冷机，并对本发明的结构及效果进行了说明。然而，根据本发明的回转阀也可以应用于 1 级或多级式的脉冲管制冷机及苏尔威制冷机等具有与 GM 制冷机相同的冷却机构的其他装置，这对本领域技术人员来说是显而易见的。

[0111] 另外，本申请发明人们进一步进行研究开发的结果，发现在回转阀中，即使未必在金属侧的平面设置金属添加碳膜，也能够有意地抑制阀板和阀主体的平面的磨损量，即，仅通过将金属侧的平面的算术平均粗糙度 Ra 抑制在所述的范围，与以往相比磨损量也有意地减少。从而，在本申请中，进一步提供一种蓄冷式制冷机，具有：

[0112] 压缩机，压缩工作流体；

[0113] 缸，被供给被压缩的工作流体，在内部具有蓄冷材料，在一端设置有膨胀空

间；以及

[0114] 回转阀，设置在所述压缩机与缸之间，切换形成为工作流体从所述压缩机向所述膨胀空间侧流动的第 1 流道和形成为工作流体从所述膨胀空间向所述压缩机侧流动的第 2 流道，

[0115] 通过所述膨胀空间中的工作流体的膨胀，使所述缸内产生寒冷，其特征在于，

[0116] 所述回转阀具备：

[0117] 阀主体，具有第 1 平面；

[0118] 阀板，具有与所述第 1 平面面接触的第 2 平面，在所述第 1 及第 2 平面面接触的状态下旋转，

[0119] 所述第 1 及第 2 平面的一方的算术平均粗糙度 R_a 在 $0.1 \mu m \sim 0.9 \mu m$ 的范围，

[0120] 所述第 1 及第 2 平面的另一方具有树脂。在此，优选所述第 1 及第 2 的平面的一方，作为母材具有铝金属或铝合金。

[0121] 进而，铝金属或铝合金的表面优选进行铝阳极化处理。铝阳极化处理层的厚度，例如为 $5 \mu m \sim 100 \mu m$ 左右（例如， $20 \mu m$ 或 $50 \mu m$ 等）。

[0122] 具有这种范围的算术平均粗糙度 R_a 的金属平面，如上所述，可通过喷丸硬化处理容易地进行。例如，作为介质使用平均粒径为 $1 \mu m \sim 200 \mu m$ 左右的陶瓷粒子，对铝阳极化处理的铝金属或铝合金进行喷丸硬化处理，由此能够容易地形成算术平均粗糙度 R_a 在 $0.1 \mu m \sim 0.9 \mu m$ 的范围的表面。

[0123] 作为介质的陶瓷粒子，例如可使用氧化铝、二氧化硅（包含以二氧化硅为主成分的沙或玻璃）或者氧化锆等。

[0124] **【实施例】**

[0125] 以下，对本发明的实施例进行说明。

[0126] （例 1）

[0127] 准备铝合金盘（直径 $50mm \times$ 厚度 $7mm$ ），用一般的方法对此进行铝阳极化处理。通过铝阳极化处理铝合金盘的硬度从处理前的 $150Hv$ 提高到约 $500Hv$ 。接着，机械精抛光该处理表面。测量处理表面的算术平均粗糙度 R_a 的结果， R_a 约为 $0.08 \mu m$ 。

[0128] 另外，在本申请中，表面的算术平均粗糙度 R_a 是如下计算出来的。首先准备用同一方法制作的 5 片样品。在 1 片样本的中央部附近，在与表面的研磨方向大致平行的方向（研磨方向不清楚时是任意决定的第 1 方向）及相对于该研磨方向大致垂直的方向（研磨方向不清楚时是与所述第 1 方向大致正交的方向）各自中，各测量 1 次算术平均粗糙度 R_a 而求出平均值（称为“值 1”）。在盘的周围部 2 个部位也进行同样的测量，对各个测量求出平均值（值 1 ~ 值 3）。对值 1 ~ 值 3 平均化，获得数据 A。对 5 片样片进行这种操作，获得数据 A ~ 数据 E。最后对该 5 个值平均化，并将此设为对象表面的算术平均粗糙度 R_a 。

[0129] 图 4 表示研磨后的表面的电子显微镜照片。上图为在低倍率（200 倍）下的照片，下图为高倍率（3000 倍）下的照片。从该图可知，虽然处理表面比较平滑，但是在表面的局部以线状形成有沿着同方向锋利地突出的“棱边状”凸部。

[0130] （例 2）

[0131] 与例 1 相同，铝阳极化处理铝合金盘（直径 $50mm \times$ 厚度 $7mm$ ）后，进一步在该

表面进行喷丸硬化处理。在喷丸硬化处理中使用粒径为 $30\ \mu\text{m} \sim 50\ \mu\text{m}$ 的范围的氧化铝粒子。测量处理表面的算术平均粗糙度 R_a 的结果, R_a 约为 $0.79\ \mu\text{m}$ (通过所述的方法获得的值)。

[0132] 在图 5 中表示所获得的表面的电子显微镜照片。上图是在低倍率 (200 倍) 下的照片, 下图是在高倍率 (3000 倍) 下的照片。从该图中可知, 处理表面具有多个比较大的凹凸。然而可知, 看不到如所述图 4 的锋利地突出的“棱边状”的凸部, 凸部为具有较圆形的形态。

[0133] 其次, 在喷丸硬化处理后的铝合金盘表面, 用无电解法设置镀 Ni 膜。镀 Ni 膜的厚度约设为 $10\ \mu\text{m}$ 。之后, 在该表面进一步设置含有钨的碳膜。含钨的碳膜的成膜法中, 使用一般的物理气相成膜法 (PVD 处理), 通过使氩离子冲撞碳和钨 2 个目标的溅射法而成膜。含钨的碳膜的膜厚约设为 $2\ \mu\text{m}$ 。

[0134] 在图 6 中, 表示设置含有钨的碳膜后的表面的电子显微镜照片。上图是在低倍率 (200 倍) 下的照片, 下图是在高倍率 (3000 倍) 下的照片。从该图可知, 表面依然具有大的凹凸, 但是未形成有如例 1 的棱边状的凸部。另外, 从图 6 和图 5 的照片的比较可知, 通过设置含有钨的碳膜, 表面的凸部有带有更圆形的倾向。

[0135] 测量该表面的算术平均粗糙度 R_a 的结果, 可知 R_a 约为 $0.8\ \mu\text{m}$ (5 次测量的平均值), 与喷丸硬化后的值几乎不变。

[0136] (评价试验)

[0137] 使用例 1 及例 2 的铝合金盘和树脂环实施了磨损试验 (环-盘试验)。对树脂环使用了由聚醚砜 (PES)、全芳香族聚酯 (WAPE) 及聚四氟乙烯 (PTFE) 的 3 种材料构成的树脂。树脂环直径为 37mm 、厚度为 6mm 。

[0138] 在试验中, 在静止的铝合金盘上按压旋转的树脂环, 监视在两者的接触面所产生的摩擦系数的经时变化。按压力设为 0.25MPa , 树脂环的转速设为 180rpm 。另外, 为了模拟实际环境并未使用润滑剂。试验在氦气气氛中实施。试验时间设为 168 小时。并且, 测量后测量了铝合金盘及树脂环的磨损量。

[0139] 图 7 及图 8 中分别表示例 1 及例 2 中的摩擦系数的经时变化的测量结果。

[0140] 从图 7 的结果可知, 使用例 1 的铝合金盘时, 铝合金盘和树脂环的界面的摩擦系数在 $0.18 \sim 0.30$ 的范围内较大地变动。设想回转阀时, 这种摩擦系数的变动不优选。这是因为若在回转阀的阀板的平面和阀主体的平面之间发生这种摩擦系数的变动, 则旋转驱动回转阀的阀板的电动机的负载变动, 由此存在电动机的寿命变短的可能。并且, 电动机的负载变动有可能成为有损作为制冷机整体的工作稳定性、例如冷却特性的主要因素。

[0141] 另一方面, 如图 8 所示, 可知使用例 2 的铝合金盘时, 界面的摩擦系数抑制在 $0.20 \sim 0.25$ 范围内, 随时间的变动比较小。从这一点来看, 用例 2 所示的方法, 通过制作回转阀的金属侧的平面, 能够更使与树脂侧平面之间的摩擦稳定化, 由此能够提高作为制冷机整体的工作稳定性。

[0142] 表 1 中表示使用各个铝合金盘时所产生的磨损量的测量结果。

[0143] 【表 1】

[0144]

例	磨损量 (mg)		摩擦系数的 变动幅度
	金属盘侧	树脂环侧	
例 1	0.2	46.4	0.18~0.30
例 2	0.2	30.1	0.20~0.25

[0145] 在例 1 的情况下，铝合金盘的磨损量为 0.2mg，但是树脂环的磨损量为 46.4mg 这一较高值。另一方面，在例 2 的情况下，铝合金盘的磨损量为与例 1 相同的 0.2mg，但是树脂环的磨损量为 30.1mg，与例 1 相比约降低 35%。

[0146] 这样，在本发明中确认了金属制平面的磨损被抑制，而且与金属制平面面接触的树脂制平面的磨损量也有意地被抑制。

[0147] (例 3)

[0148] 与例 1 相同，铝阳极化处理铝合金盘（直径 50mm×厚度 7mm）后，还在该表面进行了喷丸硬化处理。在喷丸硬化处理中使用了粒径为 30 μm ~ 50 μm 范围的氧化铝粒子。测量处理表面的算术平均粗糙度 Ra 的结果，Ra 约为 0.2 μm（根据所述的方法获得的值）。

[0149] 在图 9 中表示获得的表面的电子显微镜照片。上图是在低倍率（200 倍）下的照片，下图是在高倍率（3000 倍）下的照片。

[0150] (评价试验 2)

[0151] 通过根据例 3 及所述的例 1 的方法制作的铝合金盘和树脂环，实施了所述的磨损试验（环-盘试验）。对树脂环使用了由聚醚砜 (PES)、全芳香族聚酯 (WAPE) 及聚四氟乙烯 (PTFE) 3 种材料构成的树脂。树脂环的直径为 37mm、厚度为 9mm。

[0152] 向静止的铝合金盘按压旋转的树脂环，经过预定时间后，测量铝合金盘及树脂环的磨损量。按压压力设为 0.25MPa，树脂环的旋转速度设为 135rpm。另外，为了模拟实际环境并未使用润滑剂。试验在氦气氛中实施，试验时间为 146 小时。

[0153] 表 2 中表示使用各个铝合金盘时所产生的、磨损量的测量结果。

[0154] 【表 2】

例	磨损量 (mg)	
	金属盘侧	树脂环侧
例 1	1.0	20.5
例 3	N.D	14.5

[0156] 在例 1 的情况下，铝合金盘的磨损量少至 1mg 左右，但是树脂环的磨损量为 20.5mg 这一较高值。另一方面，在例 3 的情况下，铝合金盘的磨损量为检测界限以下，另外树脂环的磨损量为 14.5mg，与例 1 相比约降低 30%。

[0157] 产业上的可利用性

[0158] 本发明能够应用于 GM 制冷机、脉冲管制冷机、苏尔威制冷机等的回转阀。

100

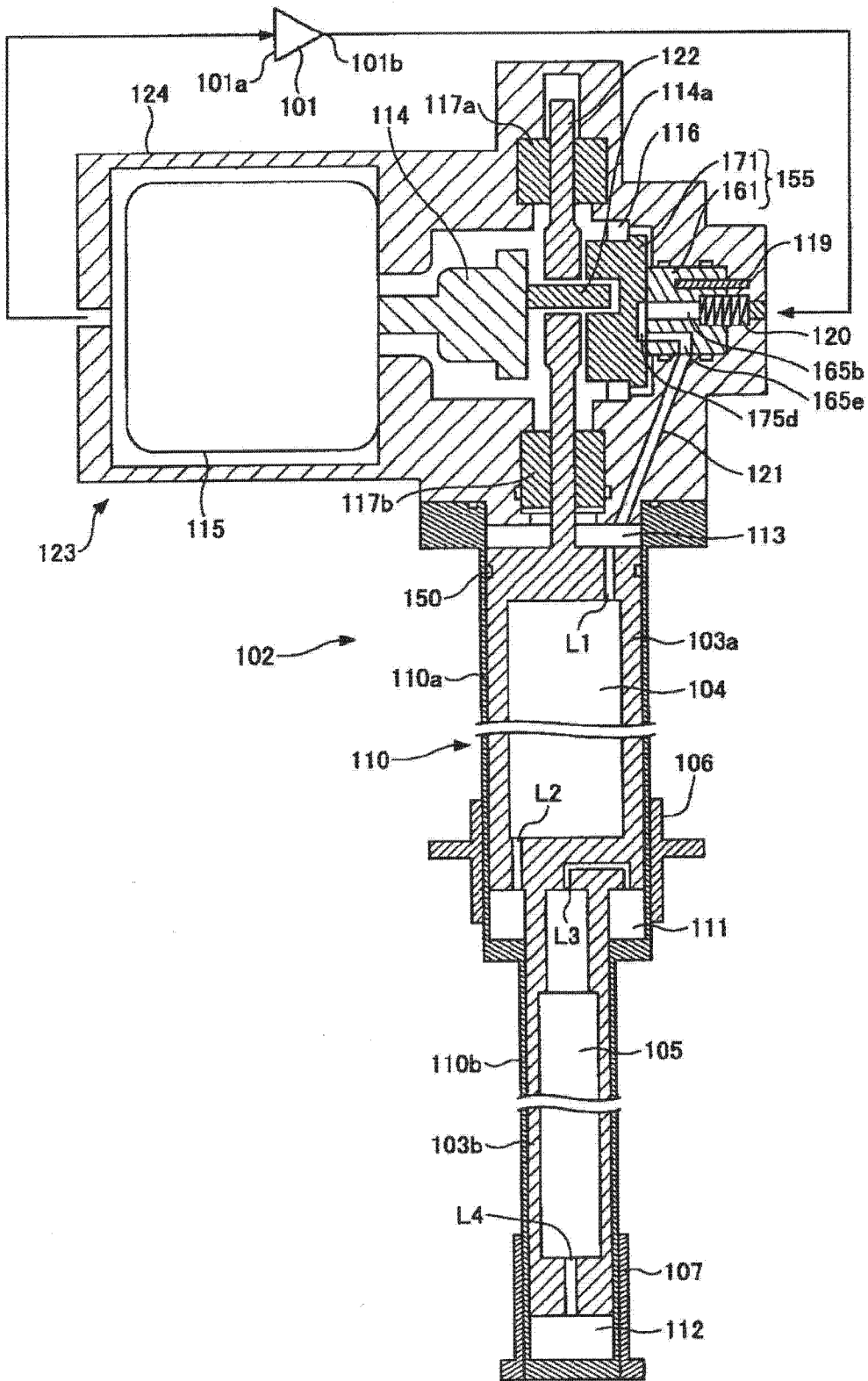


图 1

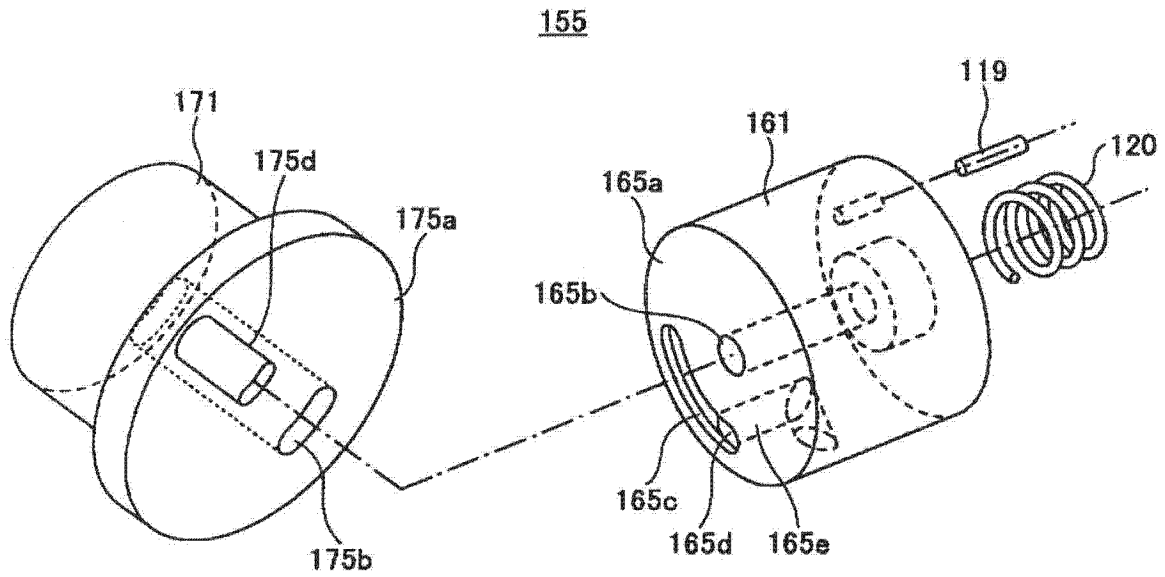


图 2

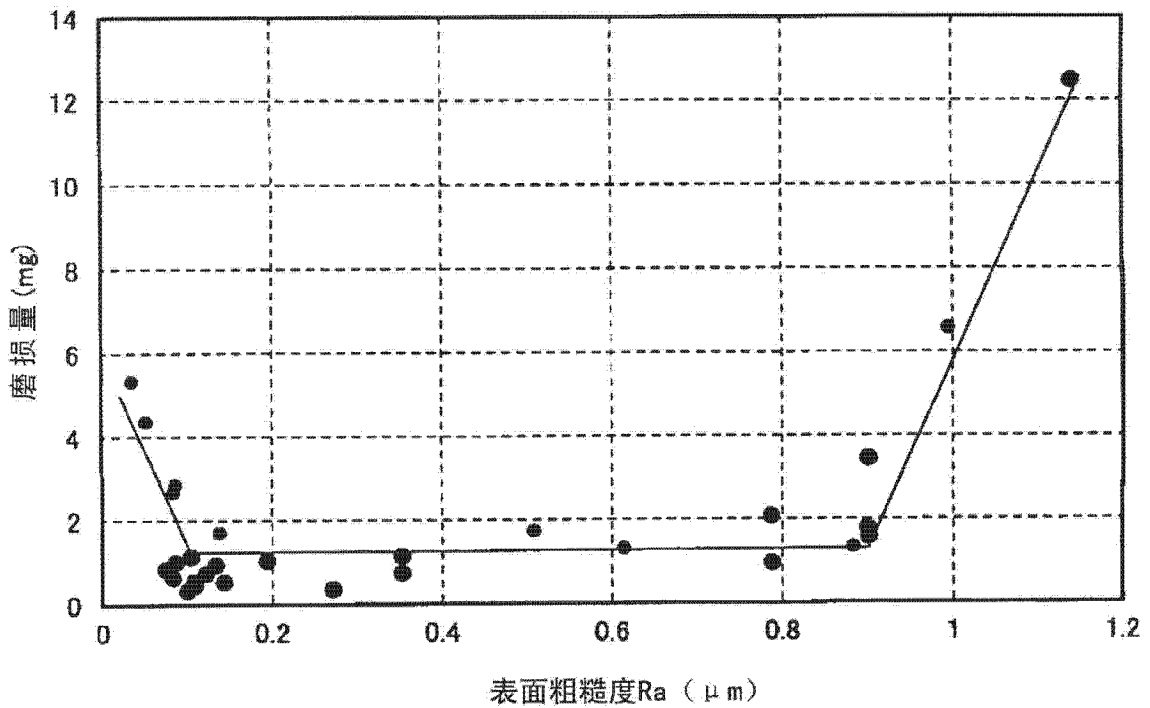


图 3

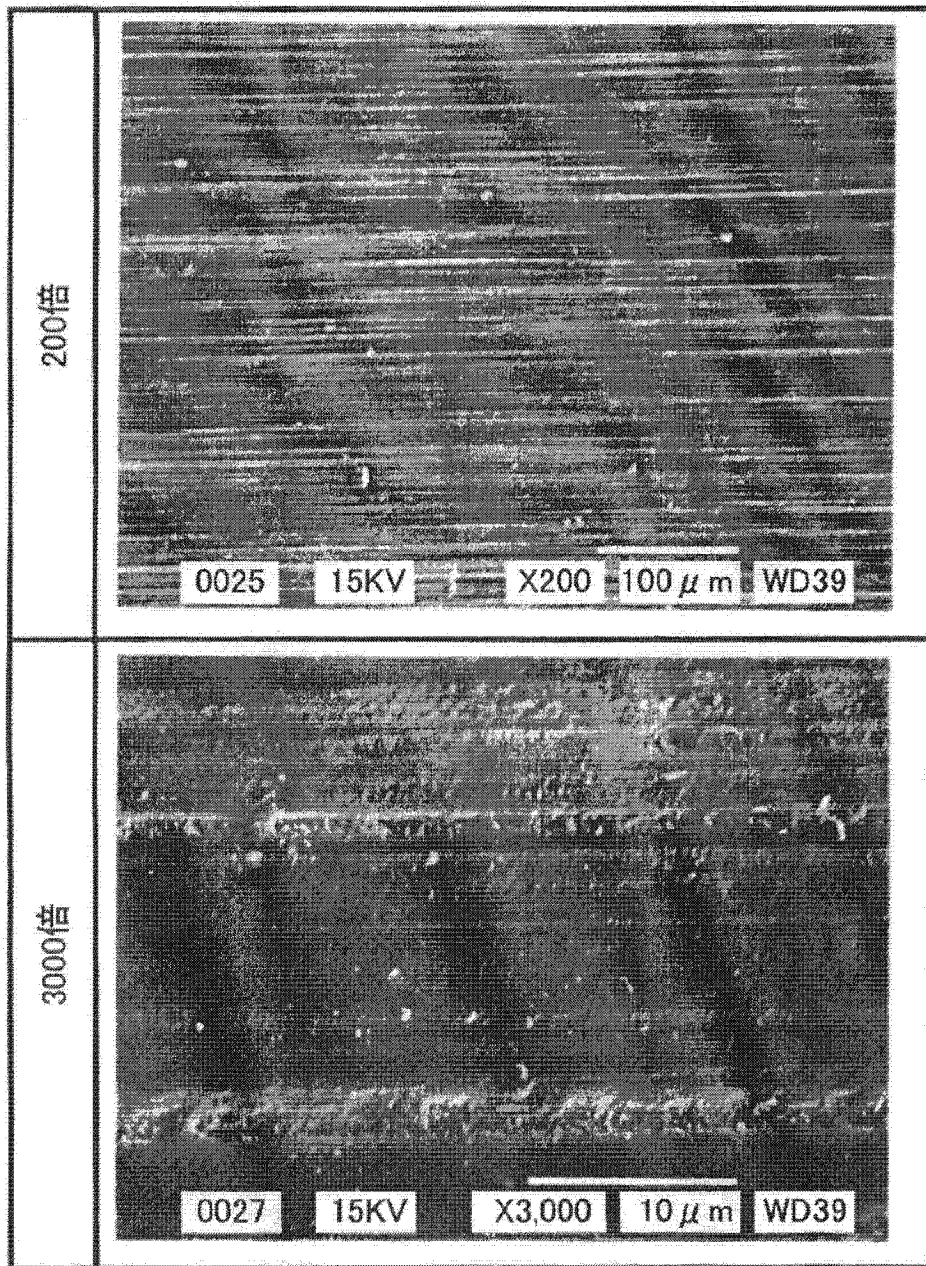


图 4

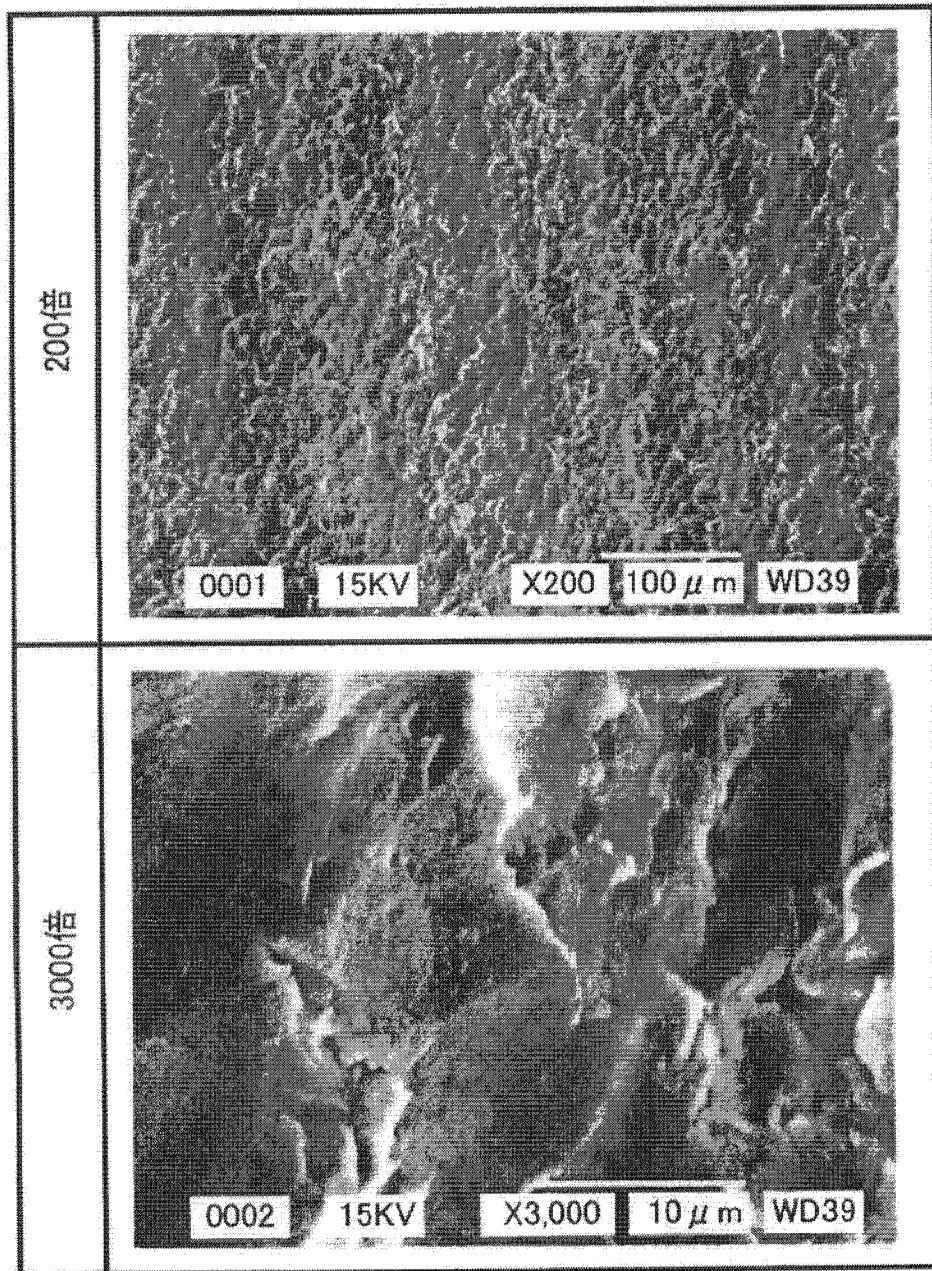


图 5

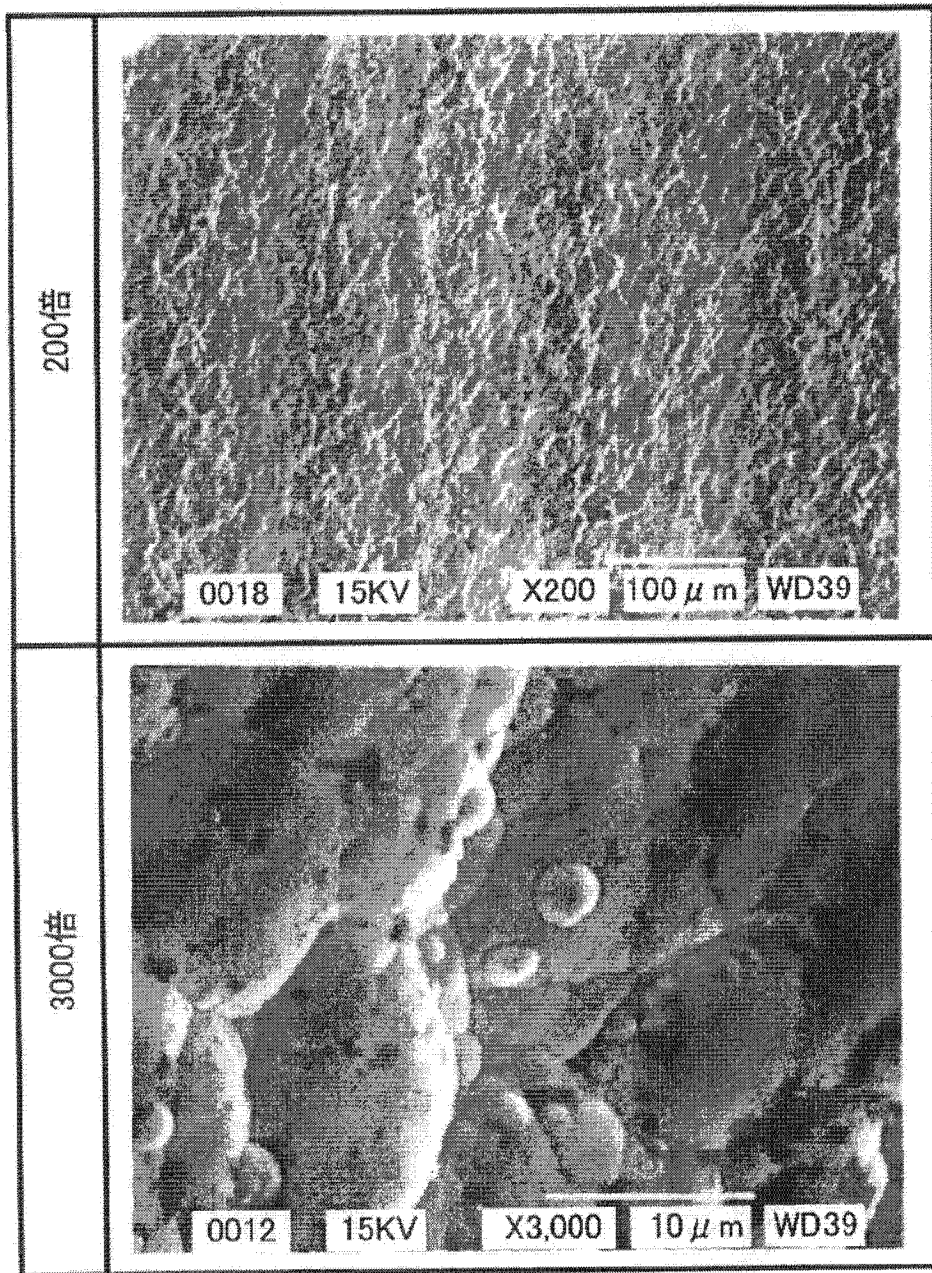


图 6

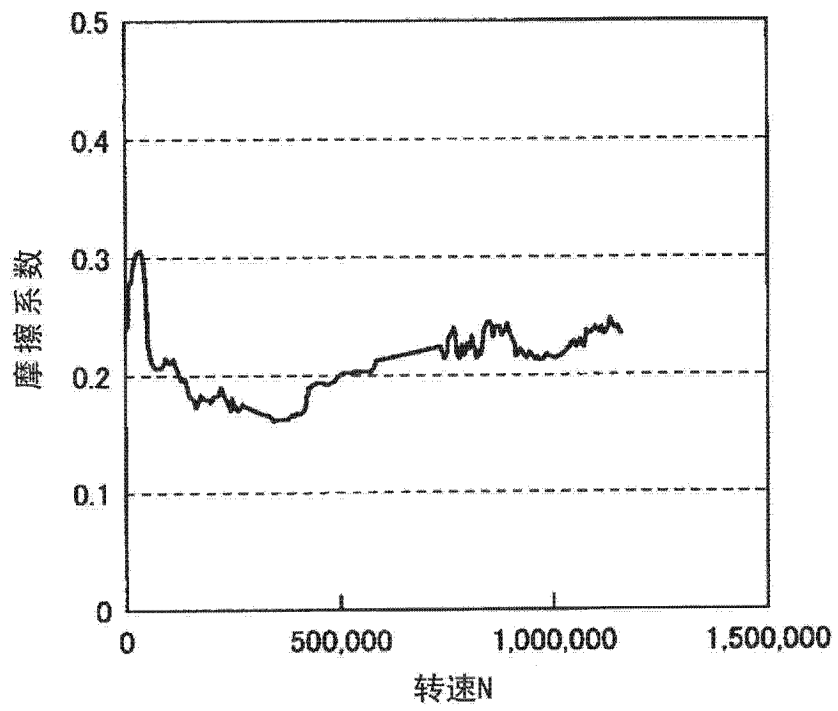


图 7

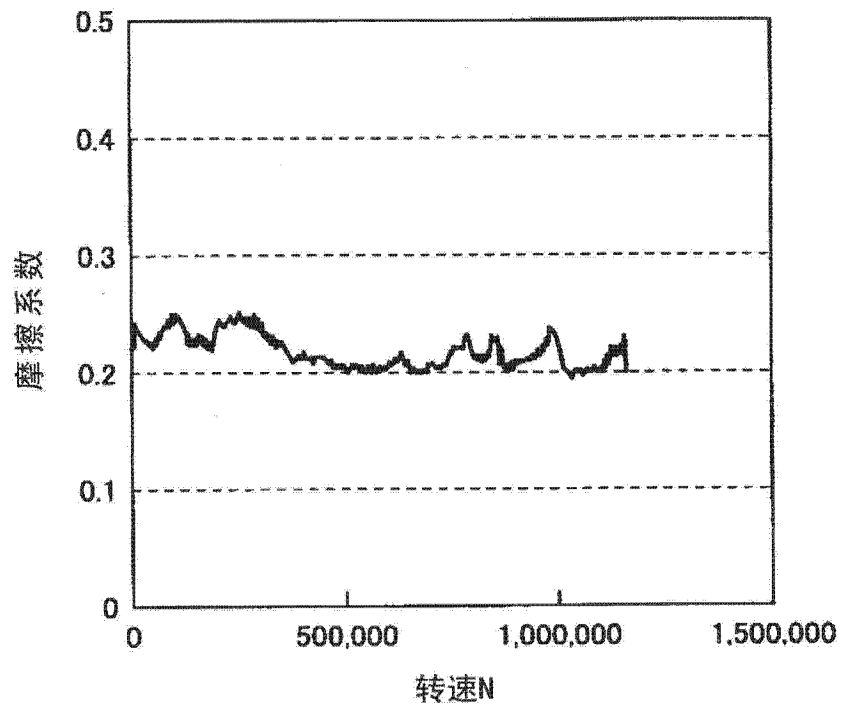


图 8

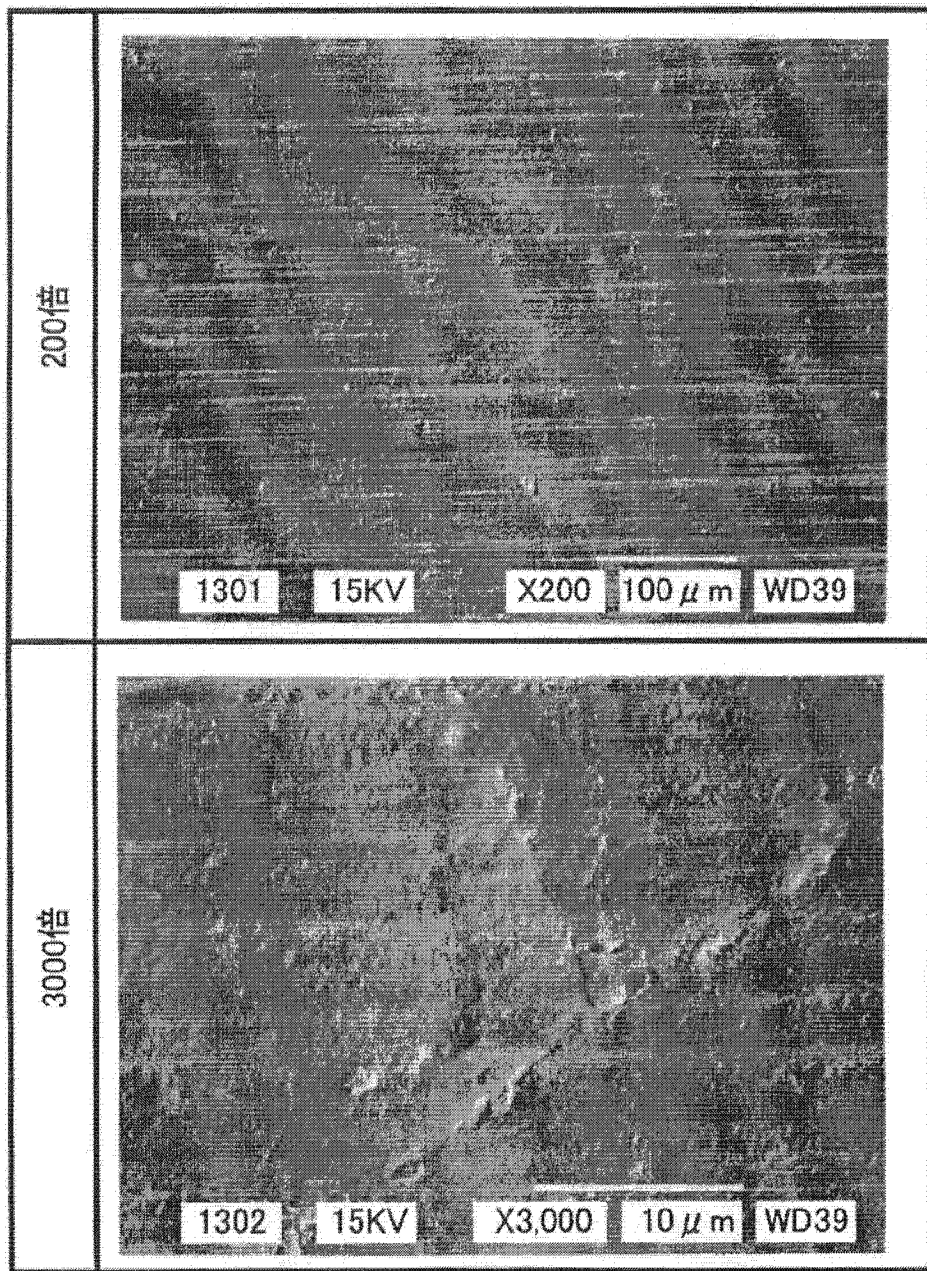


图 9