(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102066817 A
(43)申请公布日 2011.05.18

(21)申请号 200980123870.5

(22)申请日 2009.06.15

(30)优先权数据
163227/08 2008.06.23 JP
075849/09 2009.03.26 JP

(85)PCT申请进入国家阶段日
2010.12.23

(86)PCT申请的申请数据
PCT/JP2009/060830 2009.06.15

(87)PCT申请的公布数据
WO2009/157328 JA 2009.12.30

(71)申请人 日产自动车株式会社
地址 日本神奈川县

(72)发明人 樋口毅 马渊丰 吉田诚

(74)专利代理机构 北京市柳沈律师事务所 11105
代理人 王景刚

(51)Int.Cl.
F16J 9/20(2006.01)
F02F 5/00(2006.01)
F16J 9/26(2006.01)

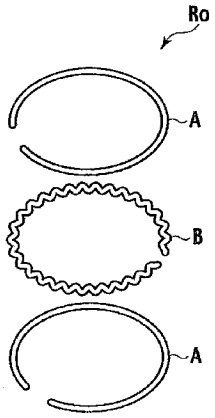
权利要求书 1 页 说明书 10 页 附图 3 页

(54)发明名称

内燃机用油环及活塞

(57)摘要

本发明的内燃机用油环(Ro)的特征在于,通过将从硬质碳、CrN及TiN组成的组中选择的至少一种涂覆在外周面(1)而形成,且外周前端(T)的滑动方向的曲率半径(R)大于或等于0.3mm。



CN 102066817 A

1. 一种内燃机用油环，其特征在于，其通过将从硬质碳、CrN 及 TiN 组成的组中选择的至少一种涂覆在外周面而形成，外周前端的滑动方向的曲率半径 R 大于或等于 0.3mm。

2. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述曲率半径 R 小于或等于 6mm。

3. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述曲率半径 R 小于或等于 3mm。

4. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述外周面的硬度大于或等于 2000Hv。

5. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述外周面的粗糙度 Ra 小于或等于 0.1μm。

6. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，涂覆在所述外周面的所述硬质碳为类金刚石碳，所述类金刚石碳膜中的含氢量小于或等于 10at％。

7. 如权利要求 6 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述类金刚石碳膜中的含氢量小于或等于 5at％。

8. 如权利要求 7 所述的内燃机用油环，其特征在于，所述类金刚石碳膜中的含氢量小于或等于 1at％。

9. 如权利要求 1 所述的内燃机用油环，其特征在于，当在以作为所述外周面的所述外周前端的外周径最大部为中心的所述油环滑动方向宽度 200μm 的范围，测量径向高低差 Z 时，通过下面的公式 (1) 即、

$$R = Z/2+(2\times10^{4})/8Z \quad (1)$$

计算所述曲率半径 R，其中，R 的单位为 μm。

10. 一种内燃机用活塞，其特征在于，其包括权利要求 1 所述的油环和至少两个压缩环的活塞环。

11. 如权利要求 10 所述的内燃机用活塞，其特征在于，在所述压缩环的外周面上具有类金刚石碳膜。

12. 如权利要求 11 所述的内燃机用活塞，其特征在于，所述压缩环的所述外周面的所述类金刚石碳膜的含氢量小于或等于 10at％。

内燃机用油环及活塞

技术领域

[0001] 本发明涉及安装到例如汽车用发动机等的内燃机的活塞上的活塞环，尤其涉及配置用于刮除润滑油以防润滑油进入燃烧室的油环。而且，本发明涉及将这种油环与压缩环一起搭载的活塞。

背景技术

[0002] 降低汽车用发动机等的内燃机的机械损失有助于降低燃油消耗，因而针对各种零件进行了降低摩擦的试验。

[0003] 例如，使内燃机的活塞与汽缸筒间的常用区域的摩擦损失达到内燃机整体的实际机械损失的 20 ～ 30％，尤其为了减小活塞环与汽缸筒间的摩擦，广泛采用降低活塞环张力的手法。

[0004] 活塞环张力与燃烧室内的密封性密切相关，影响发动机油的消耗量。因此，采用不仅降低活塞环张力而且使用活塞环张力偏差小且耐磨性优良的 CrN 等硬质薄膜对活塞环实施表面处理的方法、或降低活塞环的表面粗糙度的方法等（参照专利文献 1）。

[0005] 专利文献 1 :（日本）特开 2006-275269 号公报。

[0006] 作为针对活塞环外周部的表面处理，一般采用镀 Cr。与此相对，上述的耐磨性优良的 CrN 等硬质薄膜处理以往与降低张力一起被采用。

[0007] 但是，以往只不过是将表面处理从镀 Cr 简单地置换为镀 CrN 等，几乎见不到对伴随耐磨性的提高而使形状变更等进行研究的例子。因此，从发明者们的分析可知，无法期待基于此能够获得使活塞环与汽缸筒间的摩擦降低到初始张力设定降低的程度。

[0008] 一般来说有如下的趋势，由于活塞环外周部与汽缸筒的滑动，活塞环外周部进行磨损，由于活塞环外周部的前端部磨损，进而使活塞环截面的凸形状平坦化。

[0009] 另一方面，在实施高硬度且耐磨性优良的 CrN 膜等硬质表面处理的情况下，磨损速度显著减小，环外周部的前端形状在通常范围内不会发生平坦化，而是维持初始的状态。

[0010] 尤其，在是油环（刮油环、控油环）的情况下，由于与压缩环（压力环）相比接触范围狭小、易磨损，为了提高刮油性能，进行上述的硬质表面处理意义较大。

[0011] 另外，不仅是刮油性能，即使从降低摩擦力的观点来看，维持油环外周部的凸形状可以抑制活塞环与汽缸筒接触幅度，因而滑动时的油粘性阻力变小，与磨损而发生平坦化的情况相比，能够得到理想的形状。

[0012] 但是，发明者们在实际使用发动机进行分析发现，与以往考虑的观点大相径庭，并不是油环外周部前端的凸形状越锐利越能降低摩擦力。

[0013] 也就是说，在单独考虑油环的情况下，上述观点成立，但是油环的刮油性能越高，供给到压缩环的油量越减少，从而会给压缩环与汽缸筒之间的油膜形成带来不良影响。

[0014] 以往分析油环外周部的形状的影响的试验，都是使用马达环试验或相当于环 / 缸径的试验片的模拟试验，均提示了与理论上的预测匹配的结果。

[0015] 另一方面，报告了发动机燃烧状态下的活塞的压缩环与汽缸筒之间的油膜实际比

几何计算得出的厚度要薄的多。也就是说，过去的试验例与实际的发动机不同，由于油供给量充足，因而没有正确反映针对压缩环的影响。

[0016] 也就是说，作为降低活塞与汽缸筒之间的摩擦的手段，不仅要降低油环的摩擦，而且同时需要考虑降低压缩环的摩擦。

发明内容

[0017] 本发明正是着眼于这种现有技术的问题点而提出，其目的在于提供一种不仅能够降低自身的摩擦而且能够降低压缩环与汽缸筒之间的摩擦的内燃机用油环。

[0018] 另外，本发明提供一种具有与压缩环一起作为活塞环的这种油环，且能够降低这种活塞环与汽缸筒之间的摩擦力的内燃机用活塞。

[0019] 本发明的发明者们为解决上述课题，反复对油环的材质、形状进行专心的分析、实验，从而得出以下结论。即，不一定将油环的前端做成尖锐的凸形状，就能很好地保持向压缩环适当供给油的水平。也就是说，得出的结论与以往的定论相反。

[0020] 本发明是基于上述见解而得到的发明，本发明的内燃机用油环的特征在于，通过将从硬质碳、CrN 及 TiN 组成的组中选择的至少一种涂覆在外周面而形成，外周前端的滑动方向的曲率半径 R 大于或等于 0.3mm。

[0021] 另外，本发明的内燃机用活塞的特征在于，上述油环与压缩环分别至少有一个。

[0022] 根据本发明，由于将从硬质碳、CrN 及 TiN 组成的组中选择的至少一种涂覆在内燃机用油环的外周面，并且外周前端的滑动方向的曲率半径 R 大于或等于 0.3mm，因此，能够向压缩环的滑动面供给适量的油，从而降低内燃机用活塞与汽缸筒之间的摩擦力。

附图说明

[0023] 图 1A 是表示本发明的内燃机用油环的形状例的剖面图；

[0024] 图 1B 是表示本发明的内燃机用油环的形状例的内燃机用油环的组合图；

[0025] 图 2 是表示用于本发明的内燃机用活塞的压缩环的形状例的立体图；

[0026] 图 3 是表示本发明的内燃机用活塞的压缩环 / 油环的配置例的侧视图；

[0027] 图 4 是基于实施例 1 ～ 3、15、16、比较例 1 ～ 3 的结果表示油环曲率半径与平均摩擦力的关系的图。

具体实施方式

[0028] 下面，进一步详细说明本发明的内燃机用油环及活塞，同时说明发明特定事项的作用及各种数值的限定理由等。

[0029] 本发明是基于以下发现而得到的发明。即，在至少配置压缩环与油环两个活塞环构成的内燃机用活塞中，通过将油环外周形状的前端曲率半径 R 设置为大于或等于 0.3mm，能够显著降低活塞环与汽缸筒之间的摩擦力。

[0030] 也就是说，由于油环的前端外周面的前端曲率半径 R 大于或等于 0.3mm，因而油环不会完全刮除汽缸筒面的润滑油而是适度存留润滑油来降低汽缸筒面与压缩环之间的摩擦，从而降低了活塞整体的摩擦力。

[0031] 此时，在上述曲率半径 R 小于 0.3mm 的情况下，润滑油存留量变少，因而不能充分

降低活塞的摩擦力。

[0032] 另一方面，即使曲率半径 R 变大，活塞整体的摩擦力并不会增大。但是，一旦曲率半径 R 过大，则存在油环相对缸径面的接触阻力增大从而损害油环本来功能的可能性。因此，曲率半径 R 优选小于或等于 6mm，更优选小于或等于 3mm。

[0033] 此外，在本发明中，所谓“曲率半径 R”是指在图 1A 所示的油环 Ro 的外周部的纵向截面，在以外周径最大部 T 为中心的滑动方向（板厚方向）宽度 200μm 的范围测定径向高低差 Z，利用下面的公式 (1) 算出的平均曲率半径。

[0034] $R = Z/2+(2\times10^{4})/8Z$（单位：μm） (1)

[0035] 另外，在本发明中，由于使用硬质碳、CrN、TiN 覆盖油环 Ro 的外周面 1，所以能够使磨损导致的形状变化显著减少，从而防止油环 Ro 的前端形状平坦化。由此，能够长时间维持汽缸筒面与压缩环 Rc（参照图 2）之间的摩擦力降低的效果。此外，类金刚石碳（下面略称为“DLC”）等硬质碳覆膜适合使用。

[0036] 另外，在本发明中，由于使油环 Ro 的前端外周形状的前端曲率半径 R 小于或等于 6mm，进一步使其小于或等于 3mm，所以油环 Ro 与汽缸筒之间的摩擦力进一步降低。

[0037] 也就是说，由于油环 Ro 的前端外周面 1 的曲率半径 R 大于或等于 0.3mm、小于或等于 6mm，其进一步大于或等于 0.3mm、小于或等于 3mm，因而油环 Ro 不会完全刮除汽缸筒面的润滑油而是适当地存留润滑油，从而能够降低活塞 P（参照图 3）整体的摩擦力。

[0038] 另外，在本发明中，由于油环 Ro 的外周面的硬度大于或等于 2000Hv，因而能够显著减小因磨损导致的油环 Ro 的形状变化，从而防止油环 Ro 的前端形状平坦化。由此，能够长时间维持汽缸筒面与压缩环 Rc 之间的摩擦力降低的效果。

[0039] 反之，在油环 Ro 的外周面的硬度小于 2000Hv 的情况下，存在以下问题，即、即使将初始环外周形状平坦化，成为大于或等于 0.3mm 的曲率半径 R，油环 Ro 的外周部的磨损与行驶距离成比例而加剧进行，进一步平坦化导致摩擦力增大，油的消耗量也会增大。

[0040] 从能可靠实现降低摩擦力的效果的观点来看，作为油环 Ro 的外周面 1 的表面粗糙度，中心线平均粗糙度 Ra 优选小于或等于 0.1μm。

[0041] 由于不仅能够得到用于提高耐磨性所需要的硬度，而且滑动特性优良、能够大幅度地降低摩擦，因而优选将上述硬质覆盖膜中的 DLC 膜覆盖在油环 Ro 的外周面 1。这种 DLC 覆膜能够通过例如等离子 CVD 法来成膜。

[0042] 此时，由于当 DLC 覆膜中的氢元素含量增加，则存在硬度降低且摩擦系数增大的趋势，所以优选使 DLC 覆膜中的氢元素含量小于或等于 10at%。并且，为了进一步提高硬度，进一步使润滑油中的摩擦系数减小来确保更加稳定的滑动特性，优选使 DLC 覆膜中的氢元素含量小于或等于 5at%，进一步优选使其小于或等于 1at%。

[0043] 通过利用例如喷镀法或离子镀膜法等物理蒸镀 (PVD) 法，即利用实质上不使用氢或含氢化合物的方法成膜，得到这种含氢量低的 DLC 膜。在这种情况下，为了减少覆膜中的含氢量，优选不仅在成膜时使用不含氢的气体，而且根据不同情况充分进行反应容器、基材支承装置的干燥以及基材表面的清洁后成膜。

[0044] 如上所述，当在油环 Ro 的外周面 1 上形成硬质覆膜的情况下，外周面 1 的表面粗糙度大致取决于基材成膜面的粗糙度。因此，为了使油环 Ro 的外周面 1 的表面粗糙度 Ra 小于或等于 0.1μm，需要使基材面的表面粗糙度也小于或等于 0.1μm。

[0045] 以上，说明了油环 Ro。在本发明的内燃机用活塞 P 中，从耐磨性 / 摩擦特性的观点来看，与上述油环 Ro 一起使用的压缩环 Rc 的外周面 2（参照图 2）的硬度及粗糙度分别优选大于或等于 2000Hv、小于或等于 0.1μm。而且，压缩环 Rc 的外周面 2 具有类金刚石碳 (DLC) 覆膜，这种 DLC 覆膜中的含氢量优选为 10at％。

[0046] 实施例

[0047] 下面，根据实施例及比较例来进一步说明本发明，但是本发明并不仅限于这些实施例。

[0048] [油环 Ro 的制作]

[0049] 冷拔 JIS G 3506（硬钢线材）规定的碳钢材料 SWRH72 后，对其实施淬火回火处理。得到使 0.4mm×2.0mm 的矩形截面中宽度 0.4mm 的一面为图 1B 的外周面的曲率半径 R(0.2 ～ 2mm) 的线材。然后，使该线材成形为外形（标称直径）93mm 的环状，切削接缝部分。

[0050] 然后，在实施消除应力热处理并进行外周研磨之后，利用离子镀膜法在各自的外周面实施 CrN 膜或 DLC 膜的覆膜处理，然后通过抛光得到各自的表面粗糙度。此外，通过改变原料中的氢浓度来调整 DLC 膜的含氢量。

[0051] 如图 1B 所示，通过在按照上述要领制作的两个侧导轨 A 之间组合由 SUS304 构成的隔垫 B，制作组装时具有 20N 的张力的油环 Ro。

[0052] [压缩环 Rc 的制作]

[0053] 冷拔 JIS G 3561（阀簧用油回火线）规定的 Cr-V 系耐热弹性材料 SWOSC-V 后，对其实施淬火回火处理。得到具有 1.2mm×2.5mm 的矩形截面的线材。

[0054] 接着，将该线材成形为环状，以使当组装到内径为 93mm 的汽缸衬垫时具有 10N 的张力，切削成为接缝的部分，来制作如图 2 所示的压缩环 Rc。利用与上述油环 Ro 中使用的方法相同的方法在压缩环 Rc 的外周面实施 CrN 膜或 DLC 膜的覆膜处理。

[0055] [第二压缩环 Rc 的制作]

[0056] 通过切削灰口铁将其加工成截面形状为 1.5mm×2.5mm。将该灰口铁成形为环状，以使当组装到内径为 93mm 的汽缸衬垫时具有 10N 的张力，切除成为接缝的部分。

[0057] [滑动试验]

[0058] 如图 3 所示，作为汽车用发动机的活塞，准备了日产汽车制 VQ30DE 发动机用活塞 P。并且，将通过上述方法制作的两个压缩环 Rc、Rc 作为第一环及第二环，分别安装到环槽 G1 及环槽 G2 中。并且，将通过上述方法制作的一个油环 Ro 安装到环槽 G1 及环槽 G2 下方侧的环槽 G3，利用单体摩擦磨损试验机进行活塞 P 与汽缸筒之间的滑动试验。

[0059] 这里，单体摩擦磨损试验机具有安装到活塞的测力传感器检测通过利用液压驱动使汽缸筒侧振动而在活塞 P 与汽缸筒之间产生的摩擦力的结构。并且，作为润滑油，可以使用市面销售的 5W30 粘度的发动机油，通过在上述试验时施加每分钟 700 次的振动来分别测定其平均摩擦力。

[0060] 表 1 表示了其结果和压缩环 Rc 及油环 Ro 规格的组合。

[0061] [表 1]

[0062]

区分	油环 Ro					压缩环 Rc				平均摩擦力（N）
	外周前端面曲率半径 R(mm)	表面覆膜				表面覆膜				
		种类	硬度 (Hv)	表面粗糙度 Ra（μm）	含氢量 (at%)	种类	硬度（Hv）	表面粗糙度 Ra（μm）	含氢量（at%）	

[0063]

比较例 1	0.2	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		35
比较例 2	0.25	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		37
比较例 3	0.25	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		36
实施例 1	0.3	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		30
实施例 2	0.5	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		24
实施例 3	2	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		28
实施例 4	0.5	CrN	2000	0.1		CrN	2000	0.1		23
实施例 5	0.5	CrN	2000	0.05		CrN	2000	0.05		23
实施例 6	0.5	CrN	2000	0.05		CrN	2000	0.05		22
实施例 7	0.5	DLC	3000	0.05	15	CrN	2000	0.05		22
实施例 8	0.5	CrN	2000	0.05		DLC	7000	0.05	0.5	19
实施例 9	0.5	DLC	4000	0.05	10	DLC	7000	0.05	0.5	19
实施例 10	0.5	DLC	5000	0.05	5	DLC	7000	0.05	0.5	18
实施例 11	0.5	DLC	7000	0.05	0.5	DLC	7000	0.05	0.5	17
实施例 12	0.5	CrN	2000	0.1		CrN	2000	0.15		24
实施例 13	0.5	DLC	5000	0.05	5	CrN	2000	0.15		21
实施例 14	0.5	DLC	7000	0.05	0.5	CrN	2000	0.15		20
实施例 15	1.4	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		26
实施例 16	6	CrN	2000	0.15		CrN	2000	0.15		31

[0064] [比较例 1]

[0065] 将对外周面实施维氏硬度 2000Hv 的 CrN 膜处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.15μm 的两个压缩环 Rc、和外周面形成滑动方向宽 200μm 的平均前端曲率半径 R 为 0.2mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.15μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 35N。

[0066] [比较例 2]

[0067] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、和上述比较例 1 同样实施覆膜处理且外周面前端平均曲率半径 R 为 0.25mm 的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 37N，比较例 2 得到摩擦力比上述比较例 1 的 35N 略微增加的结果。

[0068] [比较例 3]

[0069] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、和 CrN 表面硬度 2000Hv 表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 且外周面前端平均曲率半径 R 为 0.25mm 的油环 Ro 组合。使用与在比较例 1 同样的活塞 P、汽缸筒、单体摩擦磨损试验机，在汽缸筒侧施加 700 次 / 分钟的振动，来测定活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力。

[0070] 其结果则是平均摩擦力为 36N，比较例 3 中的平均摩擦力比比较例 2 的 37N 略微减小。

[0071] 实施例 1

[0072] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、和上述比较例 1 同样实施覆膜处理且外周面前端平均曲率半径 R 为 0.3mm 的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 30N，实施例 1 表明平均摩擦力比上述比较例 1、2、3 的 35N、37N、36N 低。

[0073] 实施例 2

[0074] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、和上述比较例 1 同样实施覆膜处理且外周面前端平均曲率半径 R 为 0.5mm 的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 24N，在实施例 2 中可以确认平均摩擦力与上述实施例 1 的 30N 相比进一步降低。

[0075] 实施例 3

[0076] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与上述比较例 1 同样实施覆膜处理且外周面前端平均曲率半径 R 为 2mm 的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 28N，在实施例 3 中得到以下结果。即，虽然平均摩擦力比上述比较例 1、2、3 的 35N、37N、36N 低，但是与上述实施例 2 的 24N 相比略微增加。

[0077] 实施例 4

[0078] 将表面粗糙度 Ra 为 0.1μm 且其他与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.1μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 23N，在实施例 4 中可以确认平均摩擦力与上述实施例 2 的 24N 相比略微降低。

[0079] 实施例 5

[0080] 将表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 且其他与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 23N，在实施例 5 中可以确认平均摩擦力与上述实施例 2 的 24N 相比略微降低。另外，与油环 Ro 的表面粗糙度 Ra 相同的比较例 3 的 36N 相比，实施例 5 中的平均摩擦力大幅降低。

[0081] 实施例 6

[0082] 将表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 且其他与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 22N，在实施例 6 中可以确认平均摩擦力与上述实施例 5 的 23N 相比进一步降低。

[0083] 实施例 7

[0084] 将表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 且其他与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 3000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :15at％）的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 22N，在实施例 7 中可以确认平均摩擦力与上述实施例 5 的 23N 相比进一步降低。

[0085] 实施例 8

[0086] 将对外周面实施维氏硬度 7000Hv 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的两个压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 19N，在实施例 8 中得到以下结果。即，与上述实施例 6 的 22N 或上述实施例 7 的 22N 相比，摩擦力进一步降低。

[0087] 实施例 9

[0088] 将对外周面实施维氏硬度 7000Hv 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的两个压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 4000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :10at％）处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 19N，在实施例 9 中得到以下结果。即，与上述实施例 6 的 22N 或上述实施例 7 的 22N 相比，摩擦力进一步降低。

[0089] 实施例 10

[0090] 将对外周面实施维氏硬度 7000Hv 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的两个压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形形且实施维氏硬度 5000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :5at％）处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 18N，在实施例 10 中得到以下结果。即，与上述实施例 9 的 19N 相比，平均摩擦力进一步降低。

[0091] 实施例 11

[0092] 将对外周面实施维氏硬度 7000Hv 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的两个压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 7000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 17N，在实施例 10 中得到以下结果。即，与上述实施例 10 的 18N 相比，平均摩擦力进一步降低。

[0093] 实施例 12

[0094] 将对外周面实施维氏硬度 2000Hv 的 CrN 膜处理且其表面粗糙度 Ra 为 0.15μm 的两个压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.1μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 24N，实施例 12 表明平均摩擦力比上述实施例 1 的 30N 低。

[0095] 实施例 13

[0096] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 5000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :5at％）处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 21N，在实施例 13 中得到以下结果。即，与上述实施例 12 的 24N 相比，平均摩擦力进一步降低。

[0097] 实施例 14

[0098] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 0.5mm 的桶面形且实施维氏硬度 7000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.05μm 的 DLC 膜（含氢量 :0.5at％）处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 20N，在实施例 14 中得到以下结果。即，与上述实施例 12 的 24N 和上述实施例 13 的 21N 相比，平均摩擦力进一步降低。

[0099] 实施例 15

[0100] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 1.4mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.15μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 26N。

[0101] 实施例 16

[0102] 将与上述比较例 1 的压缩环 Rc 相同的压缩环 Rc、与外周面形成滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 为 6mm 的桶面形且同样实施维氏硬度 2000Hv、表面粗糙度 Ra 为 0.15μm 的 CrN 膜处理的油环 Ro 组合。这种情况下的活塞 P 与汽缸筒之间的平均摩擦力为 31N。

[0103] 图 4 是基于利用滑动试验得到上述实施例 1 ～ 3、15、16、比较例 1 ～ 3 的结果而获得的图，图示了油环 Ro 的曲率半径 R(mm) 对平均摩擦力 (N) 产生的影响。

[0104] 由图 4 可知，在油环 Ro 的外周面 1 的滑动方向宽 200μm 上的平均前端曲率半径 R 大于或等于 0.3mm（参照实施例 1）的情况下，平均摩擦力显著降低。这里引用了日本国专利申请 2008-163227（申请日 2008 年 6 月 23 日）与日本国专利申请 2009-075849（申请日 2009 年 3 月 26 日）的全部内容，避免误译、漏记。

[0105] 以上，通过实施方式及实施例对本发明的内容进行了说明，但是本发明并不仅限定于这些记载内容，很显然，对于本领域技术人员来说，可以进行各种变形及改进。

[0106] 工业实用性

[0107] 根据本发明，由于从硬质碳、CrN 及 TiN 组成的组中选择的至少一种涂覆在内燃机用油环的外周面，且将外周前端的滑动方向的曲率半径 R 设定为大于或等于 0.3mm，因此，

能够将润滑油适当地供给到压缩环的滑动面，从而降低内燃机用活塞与汽缸筒之间的摩擦力。

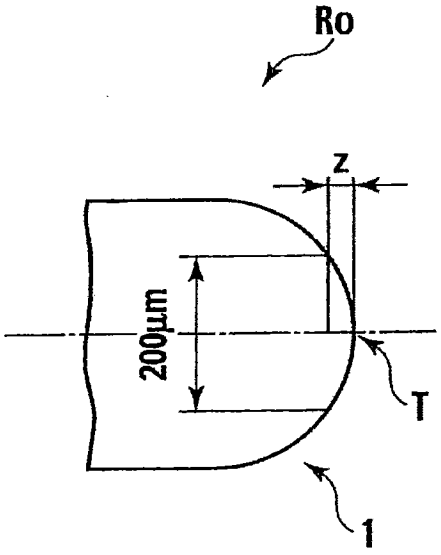


图 1A

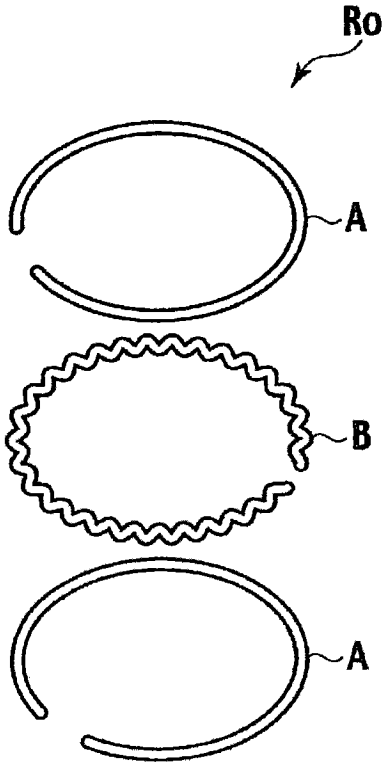


图 1B

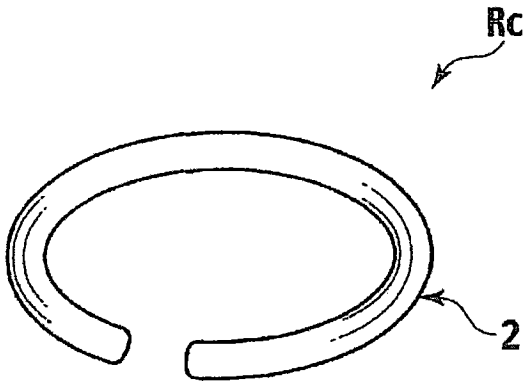


图 2

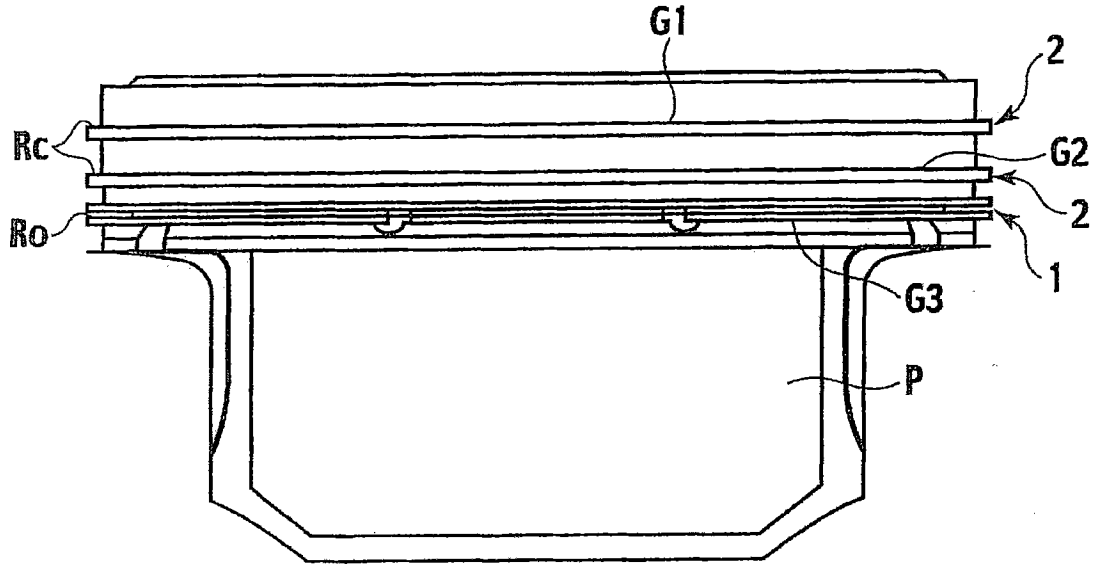


图 3

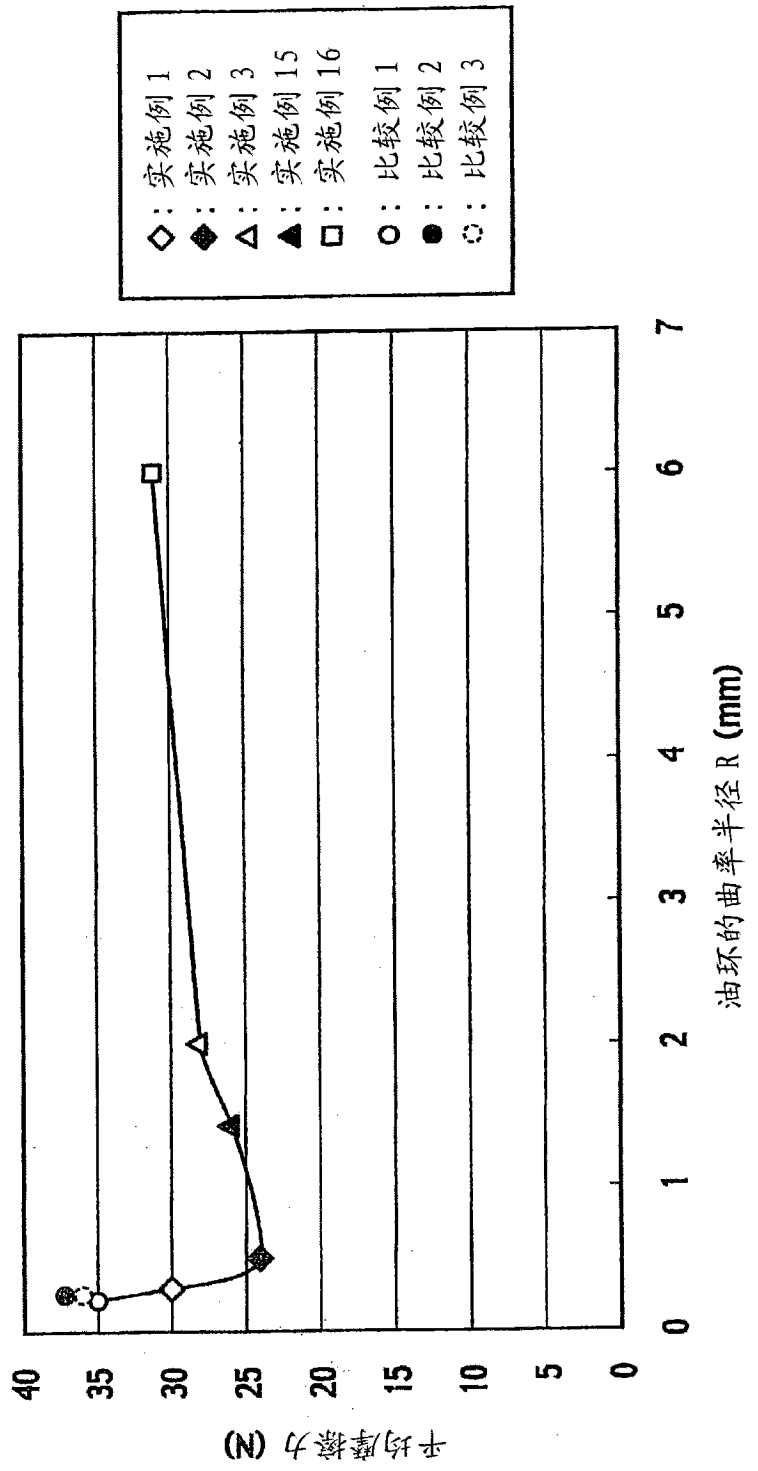

◇：实施例 1
◆：实施例 2
△：实施例 3
◀：实施例 15
□：实施例 16
○：比较例 1
●：比较例 2
◌：比较例 3
平均摩擦力 (N)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0
1
2
3
4
5
6
7
油环的曲率半径 R (mm)

图 4