



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 02147318.8

[43] 公开日 2003 年 7 月 30 日

[11] 公开号 CN 1432719A

[22] 申请日 2002.10.16 [21] 申请号 02147318.8

[30] 优先权

[32] 2002. 1. 16 [33] JP [31] 2002 - 007108

[71] 申请人 NTN 株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 针本一由 中野贺泰 北川胜
笠原延广

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所

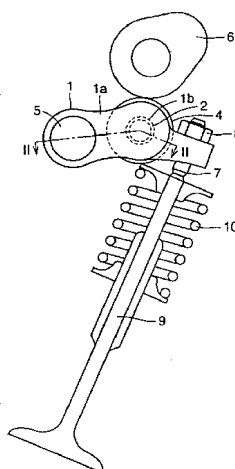
代理人 顾峻峰

权利要求书 2 页 说明书 13 页 附图 6 页

[54] 发明名称 带有滚轮的凸轮随动件

[57] 摘要

本发明的带有滚轮的凸轮随动件包括：一凸轮随动件本体(1)，该凸轮随动件本体具有一与其构成一体的滚轮支承部分(1a)；一支承轴(2)，其两端固定于滚轮支承部分(1a)；以及一滚轮(4)，该滚轮可旋转地支承在支承轴(2)上，两者之间设有多个针形滚轮(3)。支承轴(2)、针形滚轮(3)和滚轮(4)中的至少一个由耐热钢制成，支承轴(2)的两端铆接固定于支承部分(1a)。



1. 一种带有滚轮的凸轮随动件，它包括：一凸轮随动件本体（1），该凸轮随动件本体具有一与凸轮随动件本体（1）构成一体的滚轮支承部分（1a）；一支承轴（2），其两端固定于所述滚轮支承部分（1a）；以及一滚轮（4），该滚轮可旋转地支承在所述支承轴（2）上，两者之间设有多个针形滚轮（3），其中，

所述支承轴（2）、所述针形滚轮（3）和所述滚轮（4）中的至少一个由耐热钢制成。

2. 如权利要求1所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述支承轴（2）的两端铆接固定于所述滚轮支承部分（1a）。

3. 如权利要求2所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述针形滚轮（3）在其上进行滚动的所述支承轴（2）的外周表面的滚动接触面经受高频淬火，以便具有一至少为 HV650 的表面硬度；以及

所述支承轴（2）的两端未经淬火，以便具有至少为 HV200、至多为 HV280 的表面硬度。

4. 如权利要求1所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述支承轴（2）经受淬透，并且压配于所述滚轮支承部分（1a）。

5. 如权利要求1所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述支承轴（2）经受淬透，并且沿所述支承轴（2）的轴线方向固定于所述滚轮支承部分（1a），两者之间设有一扣圈。

6. 如权利要求1所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述滚轮（4）由所述耐热钢制成。

7. 如权利要求1所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述耐热钢由基体中至少包括以下按质量%的合金元素的钢材料制成：至少为 0.6%、至多为 1.3% 的 C，至少为 0.3%、至多为 3.0% 的 Si，至少为 0.2%、至多为 1.5% 的 Mn，至多为 0.03% 的 P，至多为 0.03% 的 S，至少为 0.3%、至多为 5.0% 的 Cr，至少为 0.1%、至多为 3.0% 的 Ni，至多为 0.050% 的 Al，至多为 0.003% 的 Ti，至多为 0.0015% 的 O 和至多为 0.015% 的 N，以及具有 Fe 和无法避免的杂质的其余部分。

8. 如权利要求7所述的带有滚轮的凸轮随动件，其特征在于，

所述钢材料由淬火和渗碳处理中的一种来制成，随后经受回火处理。

9. 如权利要求 1 所述的带有滚轮的凸轮随动件, 其特征在于,
一具有至少为 HV550 的硬度的有效硬化部分在针形滚轮 (3) 在其上进行滚动的所述支承轴 (2) 的外周表面的滚动接触面中具有至少为 1.0 毫米的深度。
10. 如权利要求 1 所述的带有滚轮的凸轮随动件, 其特征在于,
所述支承轴 (2) 由所述耐热钢制成。
11. 如权利要求 1 所述的带有滚轮的凸轮随动件, 其特征在于,
所述针形滚轮 (3) 由所述耐热钢制成, 它被淬火和硬化成一核心, 并且具有至少为 HV650 的表面硬度。
12. 如权利要求 1 所述的带有滚轮的凸轮随动件, 其特征在于,
所述滚轮 (4) 由耐热钢制成, 它被淬火和硬化成一核心, 并且具有至少为 HV650 的表面硬度。
13. 如权利要求 1 所述的带有滚轮的凸轮随动件, 其特征在于,
所述滚轮 (4) 的外表面上任意地形成无数微型凹部, 并且
在所述滚轮 (4) 的外表面沿每一个轴向和周向获得的表面粗糙度由参数 RMS 表示时, 轴向表面粗糙度 RMS(L) 与周向表面粗糙度 RMS(C) 的比值 (RMS(L)/RMS(C)) 至多为 1.0, 表面粗糙度的参数 SK 的值至多为 -1.6。

带有滚轮的凸轮随动件

技术领域

本发明涉及一种带有滚轮的凸轮随动件，更具体地说，涉及一种装在车辆内燃机的阀机构中的、带有滚轮的凸轮随动件。

背景技术

为了增加车辆阀系统的耐用性和可维护性，必须解决涉及凸轮和凸轮轴上的随动件的磨损和润滑不足的问题。

为了防止阀系统的磨损，通常在 OHV 型发动机中采用一液压间隙调整器，近来，用于随动件的滚动轴承的使用迅速增加，以便减少凸轮和随动件的磨损和摩擦损失。

在其它发动机构件中，凸轮是润滑易于消失的部分，其接触面被称为边界润滑区域。在这种情况下使用的带有滚轮的凸轮随动件中，基本上通过滚动接触使凸轮接触滚轮。然而，由于绝对滚动运动受到施加在滚轮上的载荷的突然变化以及滚轮的滚动速度因凸轮的形状而改变的阻碍，因此滚动接触包含滑动。因而，剥离或抹平（smearing）——即表面破坏——发生在与润滑条件（油、碎屑的数量和温度）和反向凸轮的表面粗糙度有关的滚轮的外径滚动表面上，致使寿命缩短。

此外，一可旋转地支承滚轮的支承轴被限制在受载区域中，从而将一非常大的压力施加在支承轴的表面上，致使其滚动疲劳寿命与滚轮或轴承的滚动疲劳寿命相比较短。因此，期望滚动疲劳寿命增加。

可旋转地支承滚轮的轴承通常是一完全型滚轮轴承，它产生偏斜和相对滑动，以使轴承也经受诸如剥离或抹平之类的表面破坏。

应予注意的是，SUJ2 通常用作该种滚轮、支承轴和轴承的材料。

发明内容

本发明的一个目的是提供一种带有滚轮的凸轮随动件，该凸轮随动件具有一滚轮、一可旋转地支承滚轮的支承轴和一滚动元件，它们是由耐热、抗剥离和抗抹平的材料制成的，可以增加滚轮疲劳寿命，并且在高温条件下减少表面破坏。

根据本发明，带有滚轮的凸轮随动件包括：一凸轮随动件本体，该凸轮随动件本体具有一与凸轮随动件本体构成一体的滚轮支承部分；一支承轴，其两端固定于滚轮支承部分；以及一滚轮，该滚轮可旋转地支承在支承轴上，两者之间设有多个针形滚轮；支承轴、针形滚轮和滚轮中的至少一个由耐热钢制成。

根据本发明的带有滚轮的凸轮随动件，支承轴、针形滚轮和滚轮中的至少一个由耐热钢制成，因而可以提高耐热性，并且可以防止诸如抹平和剥离之类的表面破坏，致使高温条件下的滚动疲劳寿命增加。

在带有滚轮的凸轮随动件中，支承轴的两端最好铆接固定于滚轮支承部分。

因而，支承轴的两端铆接固定于滚轮支承部分，可以只通过在支承轴的端面上开槽来进行这种铆接和固定作业。因此，不会有冲击施加在滚轮支承部分上，以使凸轮随动件不会在装配时变形。

在带有滚轮的凸轮随动件中，针形滚轮在其上进行滚动的支承轴的外周表面的滚动接触面最好经受高频淬火，以便具有一至少为 HV650 的表面硬度，支承轴的两端未经淬火，以便具有至少为 HV200、至多为 HV280 的表面硬度。

由于滚动接触面具有至少为 HV650 的表面硬度，它可以在针形滚轮滚动时保持完好，不会由于磨损而使支承轴变形。此外，支承轴的两端面具有范围在 HV200 与 HV280 之间的表面硬度，以便在装配时可以在端面上开槽，使边缘部分扩大。这样一种铆接处理不会在诸端部产生裂缝，可使支承轴方便且牢固地固定于凸轮随动件本体。

在带有滚轮的凸轮随动件中，支承轴最好经受淬透，并且压配于滚轮支承部分。

因而，支承轴被淬透，可使硬度更高。此外，支承轴被压配于滚轮支承部分，因而即使通过淬透制造的支承轴无需铆接固定，支承轴也可以固定于滚轮支承部分。

在带有滚轮的凸轮随动件中，支承轴最好经受淬透，并且沿支承轴的轴线方向固定于滚轮支承部分，两者之间设有一扣圈。

因而，支承轴被淬透，可使硬度更高。此外，支承轴被扣圈固定，因而无需压配或铆接作业就可将支承轴固定于滚轮支承部分。

在带有滚轮的凸轮随动件中，滚轮最好由耐热钢制成。

更具体地说，滚轮在滚动接触凸轮的同时旋转，滑动或切向应力因而可以作用在滚轮上，以使滚轮表面上的温度增加，或者在润滑油中发生剪切加热，以使油

膜的厚度减少。这将方便地引起诸如剥离和抹平之类的表面破坏。然而，通过将耐热钢用于滚轮可以防止这种表面破坏。

在带有滚轮的凸轮随动件中，耐热钢由基体中至少包括以下按质量%的合金元素的钢材料制成：至少为 0.6%、至多为 1.3% 的 C（碳），至少为 0.3%、至多为 3.0% 的 Si（硅），至少为 0.2%、至多为 1.5% 的 Mn（锰），至多为 0.03% 的 P（磷），至多为 0.03% 的 S（硫），至少为 0.3%、至多为 5.0% 的 Cr（铬），至少为 0.1%、至多为 3.0% 的 Ni（镍），至多为 0.050% 的 Al（铝），至多为 0.003% 的 Ti（钛），至多为 0.0015% 的 O（氧）和至多为 0.015% 的 N（氮），以及具有 Fe（铁）和无法避免的杂质的其余部分。

在被碎屑污染、未经碳氮共渗处理的环境下，使用钢材料可使滚动疲劳寿命被淬火和回火延长。因而，可以免除碳氮共渗，降低制造成本。此外，钢材料的耐热性、抗剥离性能和抗抹平性能提高，以使滚动疲劳寿命增加，并且在高温条件下减少表面破坏。

下面将叙述限制上述每种成分的原因。

（1）C 含量（至少为 0.6%、至多为 1.3%）

C 是用于确保滚动轴承的强度的必需元素，需要 C 含量至少为 0.6%，以保持规定热处理之后的硬度。因而，将 C 含量的下限设定为 0.6%。此外，如果 C 的含量超过 1.3%，较大的碳化物出现，致使滚动疲劳寿命较短。因此，将 C 含量的上限设定为 1.3%。

（2）Si 含量（至少为 0.3%、至多为 3.0%）

由于 Si 具有在高温范围内抑制软化和提高滚动轴承的耐热性的作用，因此最好将其加入。当 Si 含量小于 0.3% 时，无法获得该作用。因此，将 Si 含量的下限设定为 0.3%。随着 Si 含量的增加，耐热性也将提高。然而，当 Si 含量超过 3.0% 时，该作用将会饱和，同时热加工和机械加工性的容许度降低。因此，将 Si 含量的上限设定为 3.0%。

（3）Mn 含量（至少为 0.2%、至多为 1.5%）

Mn 是在制造钢时用于脱氧的元素，同时，它也是提高淬火性能的元素。为了获得这些作用，必须加入至少 0.2% 的 Mn。因而，将 M 含量的下限设定为 0.2%。然而，当含量超过 1.5% 时，机械加工性明显降低。因此，将 Mn 含量的上限设定为 1.5%。

（4）P 含量（至多为 0.03%）

P 在钢的奥氏体晶界处分离, 使粗糙度和滚动疲劳寿命降低。因此, 将 P 含量的上限设定为 0.03%。

(5) S 含量 (至多为 0.03%)

S 妨碍钢在热加工时的容许度, 并且在钢中形成一非金属夹杂物, 使粗糙度恶化并降低滚动疲劳寿命。因此, 将 S 含量的上限设定为 0.03%。此外, 尽管 S 在上述方面并不有利, 但它具有改变机械加工性能的作用。因此, 尽管期望 S 的含量极小, 但可以在直至 0.005% 的范围内添加 S。

(6) Cr 含量 (至少为 0.3%、至多为 5.0%)

Cr 在该合金成分中起到重要作用, 并且被添加以提高淬火性能, 确保由于碳化物而形成的硬度, 并延长寿命。为了获得规定的碳化物, 必须加入至少为 0.3% 的 Cr 含量, 因此将 Cr 含量的下限设定为 0.3%。然而, 当含量超过 5.0% 时, 会有较大的碳化物出现, 就会降低滚动疲劳寿命。因此, 将 Cr 含量的上限设定为 5.0%。

(7) Al 含量 (至多为 0.050%)

Al 在制造钢时可作为脱氧剂。然而, 由于 Al 产生坚硬的氧基夹杂物而降低滚动疲劳寿命, 因此最好减少其含量。此外, 超过 0.050% 的大量 Al 会使滚动疲劳寿命明显恶化。因此, 将 Al 含量的上限设定为 0.050%。

应予以注意的是, 小于 0.005% 的 Al 含量会使钢的制造成本上升, 因而最好将 Al 含量的下限设定为 0.005%。

(8) Ti 含量 (至多为 0.003%); O 含量 (至多为 0.0015%); 和 N 含量 (至多为 0.015%)

Ti、O 和 N 在钢中形成氧化物和氮化物, 并且成为非金属夹杂物, 它们是疲劳断裂的来源, 使滚动疲劳寿命降低。因此, 分别将诸元素的上限设定为以下数值: Ti 为 0.003%、O 为 0.0015% 和 N 为 0.015%。

(9) Ni 含量 (至少为 0.1%、至多为 3.0%)

Ni 是在本发明中起到重要作用的元素。更具体地说, 当使用在高温环境中时, Ni 在滚动疲劳的处理期间抑制结构的变化, 并且具有防止硬度在高温范围内恶化和延长滚动疲劳寿命的作用。另外, Ni 还可以在碎屑污染环境下有效地提高韧性并延长寿命。为了获得这些作用, 需要至少为 0.1% 的 Ni 含量, 因而将 Ni 含量的下限设定为 0.1%。然而, 当含量超过 3.0% 时, 在淬火时产生大量残留奥氏体, 使其很难获得规定的硬度, 另外, 还增加了钢材料的成本。因此, 将 Ni 含量的上

限设定为 3.0%。

在带有滚轮的凸轮随动件中，钢材料最好由淬火和渗碳处理中的一种来制成，随后经受回火处理。

用在本发明的高温范围内的、带有滚轮的凸轮随动件的每个构件在等于或高于环境温度的温度下经受回火处理，以便稳定每个构件在使用环境下的尺寸。

在带有滚轮的凸轮随动件中，一具有至少为 HV550 的硬度的有效硬化部分最好在针形滚轮在其上进行滚动的支承轴的外周表面的滚动接触面中具有至少为 1.0 毫米的深度。

因而，其上有针形滚轮滚动的表面可以获得足够的硬度。

在带有滚轮的凸轮随动件中，支承轴最好由耐热钢制成。

这就限制了受载区域，并有一非常大的压力施加在表面上，这样，就能提高滚动疲劳寿命，甚至在具有苛刻的滚动疲劳寿命条件的支承轴中也是如此。

在带有滚轮的凸轮随动件中，针形滚轮最好由耐热钢制成，它被淬火和硬化成一核心，并且具有至少为 HV650 的表面硬度。

这可使抗剥离性能和抗抹平性能提高，甚至在滚动的同时发生歪斜和相对滑动的针形滚轮中也是如此。

在带有滚轮的凸轮随动件中，滚轮最好被淬火和硬化成一核心，并且具有至少为 HV650 的表面硬度。

这可确保滚动过程中具有足够的硬度。

在带有滚轮的凸轮随动件中，滚轮的外表面上最好任意地形成无数微型凹部。在滚轮的外表面沿每一个轴向和周向获得的表面粗糙度由参数 RMS 表示时，轴向表面粗糙度 RMS (L) 与周向表面粗糙度 RMS (C) 的比值 (RMS (L)/RMS (C)) 至多为 1.0，表面粗糙度的参数 SK 的值至多为 -1.6。

因而，即使在反向凸轮的精加工表面上的粗糙度较低的情况下，也可以获得形成油膜的良好能力，因而可以确保油膜的足够厚度，因此，可以尽可能地防止滚动接触部分接触金属。此外，减少接触金属的滚动接触部分的表面，以使凸轮随动件的外径可以免受表面破坏、剥离和抹平，以及异常磨损和与其分离。因此，可以增加耐用性。

结合附图，从如下的本发明的详细说明中可更清楚地了解本发明的上述和其它目的、特征、各个方面和优点。

附图说明

图 1 是显示本发明的一个实施例的带有滚轮的凸轮随动件的结构的主视图；

图 2 是在箭头方向中沿图 1 的线 II-II 截取的截面图；

图 3 是显示一种结构的截面图，其中滚轮轴形成一实心结构，并且被铆接固定；

图 4A 和 4B 分别是图 3 所示的滚轮轴的垂直截面图和显示滚轮轴的硬度分布的曲线图；

图 5 是显示滚轮轴在被扣圈固定时的结构的截面图；

图 6 示出了双缸试验机的结构；

图 7 示出了剥离试验的结果；

图 8 示出了抹平试验的结果；以及

图 9A 和 9B 分别是显示进行一 $\phi 12$ 点接触寿命试验的装置的主视图和侧视图。

具体实施方式

下面将叙述本发明的实施例。

请参见图 1 和 2，凸轮随动件本体 1 的一端可旋转地支承在一凸轮随动件轴 5 上，该凸轮随动件轴的中间部设置有轴承合金或类似材料。

一调节螺钉 7 呈螺旋形安装于凸轮随动件本体 1 的另一端。调节螺钉 7 由一锁紧螺母 8 固定，其下端与内燃机的吸入阀或排气阀的凸杆 9 的上端接触。一弹簧 10 的弹力使凸杆 9 偏置。

滚轮支承部分 1a 是两个部分一体地形成在凸轮随动件本体 1 的中间部分处。滚轮轴 2 的两端通过压配或扣圈固定于设置在呈两个部分的滚轮支承部分 1a 处的轴孔 1b。一滚轮 4 可旋转地支承在滚轮轴 2 的外周表面的中间部，中间插入一针形滚轮 3。滚轮 4 的外周表面由弹簧 10 的偏置力压靠接触凸轮 6 的凸轮表面。

通过采用这样一种结构，凸轮 6 的旋转使插入有滚轮 4 的凸轮随动件本体 1 围绕凸轮随动件轴 5 旋转，以打开和关闭附连于凸杆 9 的顶端的吸入阀或排气阀。

应予注意的是，内燃机包括诸如在气缸内往复的活塞和通过活塞压缩来点燃燃料的火花塞。

滚轮轴 2、针形滚轮 3 和滚轮 4 中的至少一种由耐热钢制成，滚轮轴 2 具有一由淬透 (through quenching) 形成的中空形状。将一转换销 (图中未示出) 插入滚轮轴 2 的中空部分，以使阀起到多种打开和关闭作用。此外，滚轮轴 2 内部的中

空部分有助于减轻重量。

应予注意的是，滚轮轴 2 也可具有一除由淬透形成的中空形状以外的形状，例如一实心结构，并且可将其两端铆接，固定于滚轮支承部分 1a，如图 3 所示。通过在滚轮轴 2 的一端面 2a 上开槽来完成该铆接，以便在滚轮轴 2 装入设置于两部分式滚轮支承部分 1a 的轴孔 1b 之后形成一铆接槽 2b。通过形成铆接槽 2b，使滚轮轴 2 的边缘部分扩大，并且通过弹力来偏置轴孔 1b 的内表面，以使滚轮轴 2 牢固地固定于轴孔 1b。

请参见图 4A 和 4B，滚轮轴 2 的中间部分 2c 是通过高频淬火硬化的部分，而两端 2d 是没有进行淬火的非淬火部。应予注意的是，中间部分 2c 的一部分或整个外周表面是针形滚轮 3 在其上进行滚动的所谓滚动接触面。

请参见图 4B，在滚轮轴 2 表面硬度的分布中，中间部分 2c 具有至少为 650HV 的维氏硬度，而两端 2d 的软化部分具有在 HV200 与 HV280 之间的范围内的维氏硬度。因此，中间部分 2c 具有足够用于针形滚轮 3 的滚动接触面的硬度，而软化部分 2d 软到足以进行铆接。

应予注意的是，如下表所示，取决于呈两个部分的滚轮支承部分 1a 的材料和滚轮轴 2 的热处理方法，以不同的方式来固定滚轮轴 2。

表 1

支承部分 的材料	支承轴的热处理方式			
	高频淬火		淬透	
	中空轴	实心轴	中空轴	实心轴
渗碳钢	铆接	铆接	扣圈	扣圈
铝合金	铆接	铆接	压配	压配

在淬透时，滚轮轴 2 无法铆接并固定在两部分式滚轮支承部分 1a 上。因而，如图 5 所示，一环形槽 2e 形成于两部分的一个支承部分（内径）和滚轮轴 2，一卡圈预装入滚轮轴 2 的环形槽 2e。将滚轮轴 2 插入滚轮支承部分 1a，同时减少卡圈的直径，然后通过设置环形槽 2e 的位置处的弹力恢复卡圈，以使滚轮轴 2 沿其轴线方向固定。这就可以无需压配或铆接作业来固定滚轮轴 2。

这里，尽管可以沿轴线方向固定滚轮轴 2，但滚轮轴 2 可能会蠕变（旋转）。更具体地说，出于减轻重量的目的，当铝合金被用作呈两个部分的滚轮支承部分

1a 的材料时, 会由于蠕变而发生不利的磨损。当滚轮轴 2 被淬透而不允许铆接时, 滚轮轴被压配入两部分式滚轮支承部分 1a。

本发明的第一种耐热钢是在基体中至少包括以下合金元素的钢材料: 至少为 0.6%、至多为 1.3% 的 C, 至少为 0.3%、至多为 3.0% 的 Si, 至少为 0.2%、至多为 1.5% 的 Mn, 至多为 0.03% 的 P, 至多为 0.03% 的 S, 至少为 0.3%、至多为 5.0% 的 Cr, 至少为 0.1%、至多为 3.0% 的 Ni, 至多为 0.050% 的 Al, 至多为 0.003% 的 Ti, 至多为 0.0015% 的 O 和至多为 0.015% 的 N (所有元素按质量%), 具有 Fe 和无法避免的杂质的其余部分 (这样一种钢材料在本发明的实施例中被称为“本发明的钢 1”)。

此外, 耐热钢材料经受淬火或碳氮共渗, 随后进行回火处理。

此外, 作为另一种耐热钢, 所用的钢材料在基体中至少包括: 至少为 0.95%、至多为 1.10% 的 C, 至少为 1%、至多为 2% 的 Si 或 Al, 至多为 1.15% 的 Mn 和至少为 0.90%、至多为 1.60% 的 Cr (所有元素按质量%); 具有 Fe 和无法避免的杂质的其余部分; 以及至多 13ppm 的 O。由该种材料制成的产品经过淬火, 然后在 230 与 300℃ 之间的范围内的高温下回火, 以具有体积至多为 8%、硬度至少为 HRC59 的残留奥氏体 (这样一种钢材料在本发明的实施例中被称为“本发明的钢 3”)。

另外, 作为又一种耐热钢, 可以使用一具有下方的表 2 所示范围内的成分的钢材料 (在本发明的实施例中被称为“本发明的钢 2”)。

表 2

C	Mo	Cr	V	Mn	Si	Co	W	Cu	Ni	P	S
0.77- 0.85	4.00- 4.50	3.75- 4.25	0.90- 1.10	至多为 0.35	至多为 0.25	至多为 0.25	至多为 0.25	至多为 0.10	至多为 0.10	至多为 0.015	至多为 0.015

(表中所有数值为质量%)

在针形滚轮 3 在其上进行滚动的滚轮轴 2 的外周表面的滚动接触面处, 硬度至少为 HV550 的有效硬化部分最好具有至少为 1.0 毫米的深度。此外, 针形滚轮 3 由耐热钢制成, 该耐热钢最好被淬火和硬化到核心部分, 并且具有至少为 HV650 的表面硬度。滚轮 4 最好被淬火和硬化到核心部分, 并且具有至少为 HV650 的表面硬度。

在滚轮 4 的外周表面上形成无数个微型的凹部。在滚轮 4 的外周表面分别沿

轴向和周向获得的表面粗糙度由参数 RMS 表示时，沿轴向的表面粗糙度 RMS (L) 与沿周向的表面粗糙度 RMS (C) 的比值 (RMS(L)/RMS(C)) 最好等于或小于 1.0，而表面粗糙度的参数 SK 值最好等于或低于-1.6。

这里，参数 RMS 是以下列方式获得的平方根的值：从中心线到粗糙度曲线 $f(x)$ 的范围内的每个偏差的平方在测量长度的区间中进行积分，并且平均区间中的平方，以获得平均数的平方根。该参数值也被称为由“均方根”表示的粗糙度。可以通过数值计算从区间曲线和粗糙度曲线计算 RMS，此二条曲线放大可用于记录。

作为用于获得上述外周表面的粗糙度条件的表面处理过程，可应用特定的滚筒抛光 (barrel polishing)，以获得期望的精加工表面。

在处理方法中，通过诸如离心流体化滚筒抛光使用一小凿 (chip) 使滚轮表面设有任意形成于其上的凹部和凸部，随后清洗，并且使用滚筒抛光使滚轮表面进一步经受表面精加工处理，以便去除或整圆表面上的微型凸部，致使滚轮表面上留下无数个微型凹部。对滚轮的外周表面的表面粗糙度进行这种处理，以获得期望的数值，这在下文中被称为 HL 处理。

在将粗糙度的中心线作为边界时，通过确定表面粗糙度的分布曲线的歪斜度，即凹部和凸部的不对称分布来获得参数 SK 的值。负的 SK 值表示在中心线以下有数量较多的凹部（凹陷），而正的 SK 值表示中心线以上有数量较多的凸部（突起）。用下面的定义方程式来表示表面粗糙度的参数 SK 的值。

$$SK = \int (X - x_G)^3 P(X) dx / \sigma^3$$

X: 粗糙度的高度

x_G : 粗糙度的平均高度

$P(X)$: 粗糙度振幅的密度分布的概率

σ : 由均方根得到的粗糙度

在用于获得 SK 值的定义方程式中的粗糙度的平均高度是指每种单独情况下从中心线的坐标得到的绝对值。这里，将讨论中心线与平均高度之间的差异。当线上的突起的总面积与线下的凹陷的总面积相等时，将该线定义为粗糙度的中心线。然而，这只是一条假想线，需要从坐标得到绝对值，以便获得 SK 值。将绝对值定义为平均高度。

将参数 SK 的值设定成沿周向和径向具有至多为-1.6 的平均值，因而使中心线的下方呈现大量微型凹部。将沿多个方向的表面粗糙度的数值 (即 RMS(L)/RMS(C))

定义成至多为 1.0，以便在表面凹部的形状和分布中获得用于形成油膜的有效范围。

上述参数 SK 的值可作为发现凹部和凸部分布的不对称程度的准则。在一般的抛光表面上的粗糙度曲线的示例中，SK 值在凹部和凸部的对称分布时接近于 0，在表面上的凹部和凸部分布偏向于凹侧时为负值，在分布偏向于另一侧时为正值。

如上所述，通过限定滚轮 4 的外表面的表面粗糙度，即使在反向凸轮的加工表面上的粗糙度较低的条件下，滚轮 4 的外表面也可以确保形成油膜的较高能力和油膜的足够厚度。因此，接触部分可以具有与金属接触的最小程度。

如上所述，与金属接触的滚动接触部分的面积变得较小，以便防止表面破坏，即剥离和抹平以及异常磨损和与其分离。因此，可以提高耐用性。

下面将叙述本发明的试验性示例。

(1) 抗表面破坏性能（抗剥离性能、抗抹平性能）试验

在使用低粘度油时，或在粘度由于润滑油的温度升高而降低时，很难在轴承滚道表面上形成油膜，致使极易接触金属。在这种条件下，会发生被称为剥离的表面破坏（邻近地形成由于微型间隔和表面裂缝而产生的破坏）。此外，当接触面上相对滑动速率较高时，由于接触金属而产生的热量形成局部粘附，这会导致被称为抹平的破坏。

对于这种表面破坏，使用图 6 所示的两个圆柱形试验机来进行评估。请参见图 6，环形试验片 34 和 35 分别附连在主动轴 31 和平行于主动轴 31 的从动轴 32 上，所述试验片具有与圆柱形部分一致的平缓的曲率，将两个试验片 34 和 35 的圆柱形表面相互压紧用于滚动，以进行剥离和抹平试验。

下面的表 3 中显示了剥离试验的条件。

表 3
剥离试验条件

试验机	2 缸试验机
切向应力	$P_{\max}=2.3\text{GPa}$
旋转速度	2000rpm
润滑	涡轮机油 VG46
评估标准	受剥离面积的比例

应予注意的是，在为试验提供试验片之前，在主动侧的圆柱形试验片 34 上进行抛光处理，而在从动侧的圆柱形试验片 35 上进行超精加工处理。

另外, 通过从动侧的圆柱形试验片 35 上的剥离面积的比例来评估抗剥离性能。图 7 中示出了结果。

从图 7 中可以看到，本发明的钢 1 的剥离发生率大约为 SUJ2 的八分之一，本发明的钢 1 具有较高的抗表面破坏性能。此外，本发明的钢 2 的受剥离面积的比例明显较低，它也具有较高的抗表面破坏性能。

这表明，与使用 SUJ2 的例子相比，使用诸如本发明的钢 1 或本发明的钢 2 之类的耐热钢可以提高抗剥离性能。

至于抗抹平性能，增加一侧的气缸的旋转速度，以便为互相接触的两个气缸的滚动接触部分提供相对滑动，以测量直至抹平发生为止的相对旋转速度，并且将抹平发生时的相对旋转速度用于评估抹平性能。下面的表 4 中显示了抹平试验的条件。

表 4
抹平试验条件

试验机	2 缸试验机
切向应力	Pmax=2.1GPa
旋转速度	固定侧：200rpm 从动侧：从 200rpm 起以 100rpm 的增量增加
润滑	涡轮机油 VG46
评估标准	抹平发生时的相对旋转速度

图 8 示出了由以上试验条件获得的结果。

如图 8 所示，抹平发生时的相对旋转速度（滑动速度）比 SUJ2 的相对旋转速度高 1.4 倍，表明具有较高的抹平性能。此外，至于本发明的钢 2，相对旋转速度大约比 SUJ2 的相对旋转速度高 1.3 倍，也表明具有较高的抹平性能。

这显示，与 SUJ2 相比，使用诸如本发明的钢 1 或本发明的钢 2 之类的耐热钢可以提高抗抹平性能。

(2) 本发明的钢 1 的强度

制造一种具有外径 60×内径 45×宽度 15（毫米）的环形试验片，用于检验环

的断裂强度。此外，用于却贝氏（Charpy）冲击试验（U形槽）的 JIS3 号试验片被用来检验冲击强度和断裂韧度（ K_{Ic} ）。下面的表 5 中显示了结果。

表 5
强度试验的结果
研制的钢的断裂强度

钢的类型	环的静态断裂强度 (kN)	却贝氏冲击值 (J/cm ²)	断裂韧度 (MPa $\sqrt{m}$)
本发明的钢 1	45.0	7.83	15.2
SUJ2	45.0	5.54	15.0

可以从表 5 显示的结果中看到，本发明的钢 1 的任何性能值几乎与 SUJ2 相同，因此，实际上可以使用本发明的钢 1，而且不存在与裂缝强度有关的问题。

（3） $\phi 12$ 点接触寿命试验

该试验的进行如下所述。请参见图 9A 和 9B，驱动一主动轮 23 旋转，同时将一 $\phi 12 \times L22$ 的圆柱形试验片 21 保持在主动轮 23 与接触一导轮 24 的刚性球 22 之间，并且测试该条件下的寿命（L10 寿命）。应予以注意的是，图 9A 与沿着箭头 IX 所示方向看到的图 9B 对应。

表 6 中显示了试验条件，图 7 中显示了由试验结果获得的寿命值（L10 寿命）和 L10 寿命的比值。应予以注意的是，L10 寿命是指 90% 的试验片样本未被破坏时施加的载荷数量。

表 6
寿命试验条件

试验机	点接触型寿命试验机
试验片	$\phi 12 \times 112$ 直滚轮
相对刚性球	$\phi 19.525$ (3/4)
切向应力	$P_{max} = 5.88 \text{ GPa}$
负荷速度	46240 次/分
润滑	涡轮机 VG68 循环润滑
油温	90℃

表 7

 $\phi 12$ 点接触寿命试验的结果 (L10 寿命 $\times 10^4$)

钢的类型	热处理	L10	L10 比	
本发明的钢 1	高频淬火	>85193	>10.26	>10.76
	淬透	60000	7.17	7.57
SUJ2	高频淬火	7921	0.95	1
	淬透	8372	1	1.06

从以上结果中可以看到, 无论高频淬火还是淬透, 与 SUJ2 相比, 本发明的钢 1 具有明显较长的寿命。

此外, 与使用 SUJ2 的情况比, 本发明的钢 3 也具有提高了的抗剥离性能、抗抹平性能和 L10 寿命。

从以上说明中可以理解的是, 与传统上使用的 SUJ2 相比, 使用诸如本发明的钢 1、本发明的钢 2 和本发明的钢 3 可以提高耐热性、抗剥离性能和抗抹平性能, 致使寿命较长。

应予注意的是, 可以不管在此进行试验的构成物, 凡能获得与每一种上述本发明的钢 1 至 3 的特征类似的钢都能被认为是本发明的耐热钢。本发明的耐热钢具有优于 SUJ2 的抗剥离性能、抗抹平性能和 L10 寿命。此外, 本发明的耐热钢具有大约为 SUJ2 的 2.51/8 的剥离发生率和大约为 SUJ2 的 1.3 倍或更高的抹平发生的相对速率。

根据本发明的带有滚轮的凸轮随动件, 支承轴、针形滚轮和滚轮中的至少一个由耐热钢制成, 因而可以提高耐热性、抗剥离性能和抗抹平性能, 同时可以延长滚动疲劳寿命, 并且在高温条件下减少表面破坏。

另外, 在滚轮的外径表面上进行所谓 HL 处理的措施可以进一步提高抗表面破坏的能力。

尽管已经详细地叙述和图解了本发明, 但应当清楚理解的是, 这些只是作为举例说明和示例, 而不是作为限制之用, 本发明的精神和范围仅由所附的权利要求书进行限定。

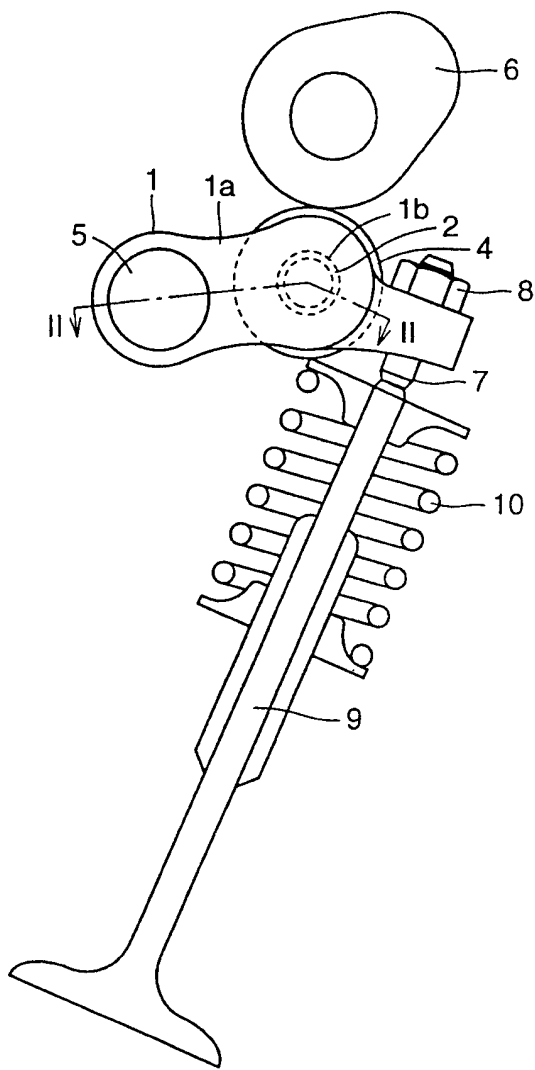


图 1

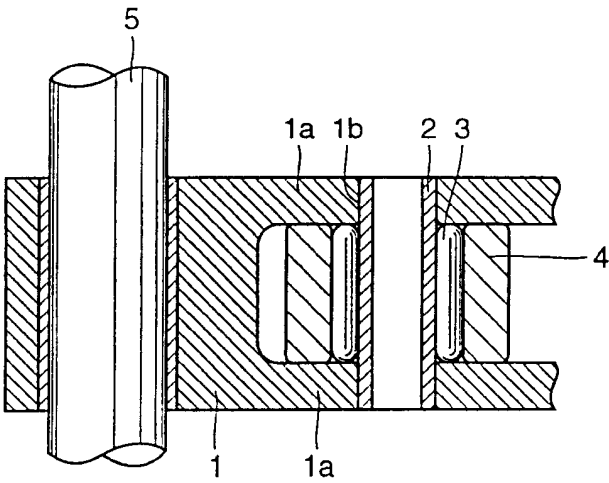


图 2

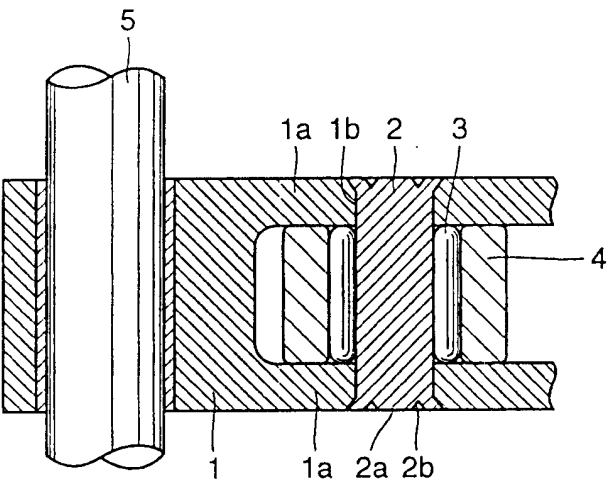


图 3

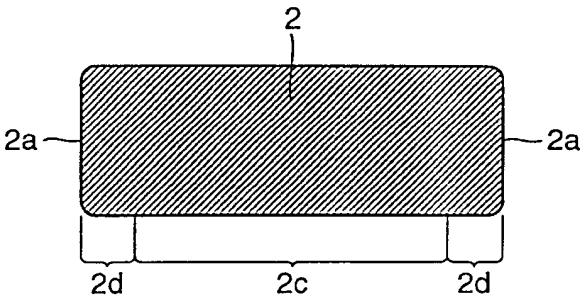


图 4A

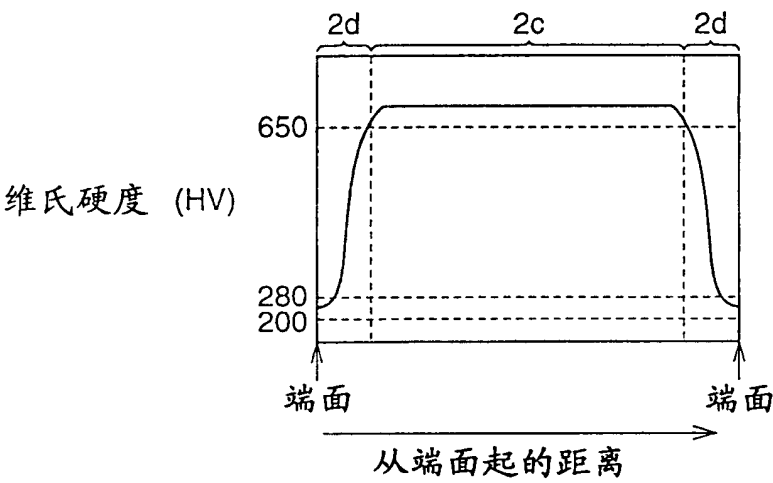


图 4B

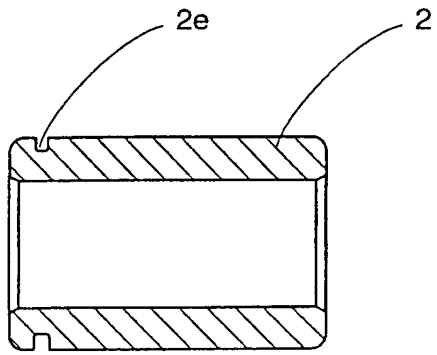


图 5

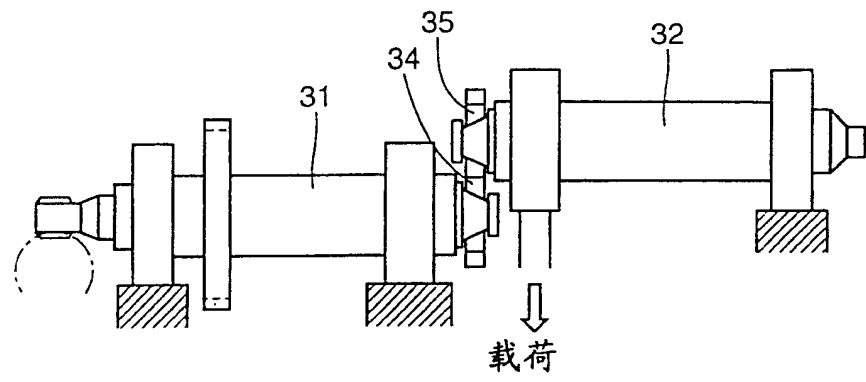


图 6

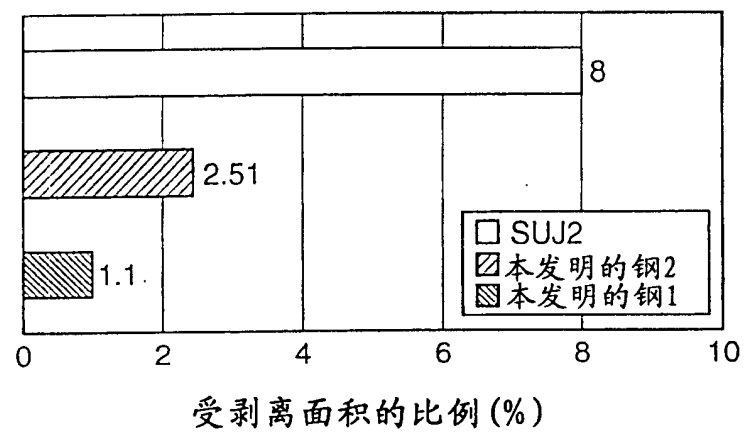


图 7

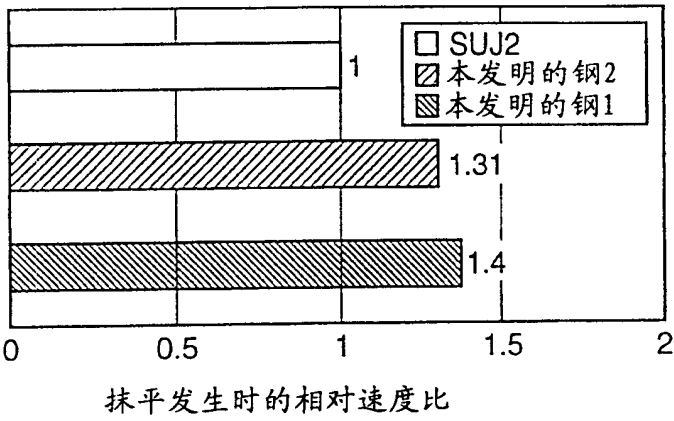


图 8

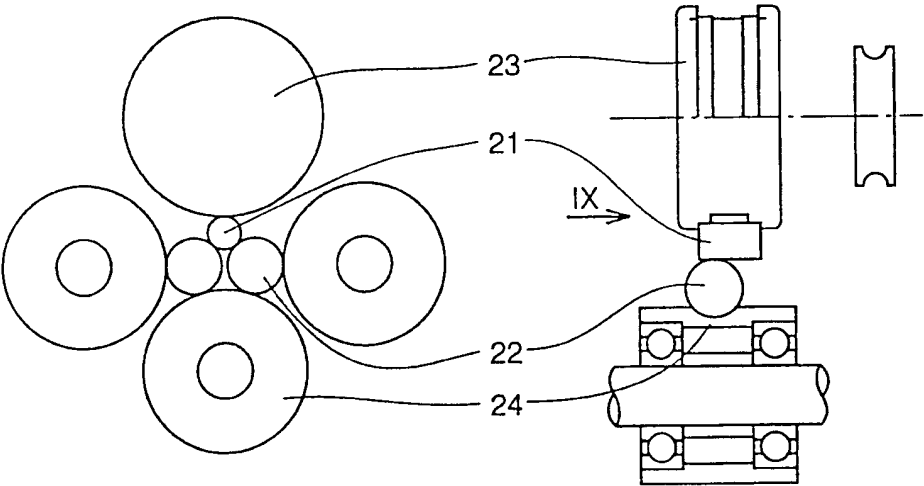


图 9A

图 9B