

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200580025730.6

F16C 33/62 (2006.01)

F01L 1/14 (2006.01)

F01L 1/18 (2006.01)

F16C 19/46 (2006.01)

F16C 33/34 (2006.01)

[45] 授权公告日 2009年7月22日

[11] 授权公告号 CN 100516572C

[22] 申请日 2005.7.6

[21] 申请号 200580025730.6

[30] 优先权

[32] 2004.8.2 [33] JP [31] 225925/2004

[32] 2004.8.4 [33] JP [31] 228037/2004

[32] 2004.8.26 [33] JP [31] 246463/2004

[32] 2004.8.27 [33] JP [31] 248859/2004

[32] 2004.9.22 [33] JP [31] 275154/2004

[86] 国际申请 PCT/JP2005/012455 2005.7.6

[87] 国际公布 WO2006/013696 日 2006.2.9

[85] 进入国家阶段日期 2007.1.29

[73] 专利权人 NTN 株式会社

地址 日本大阪府

[72] 发明人 渡边靖之 片山昭彦

[56] 参考文献

CN 1497194 A 2004.5.19

JP 2000-205284 A 2000.7.25

CN 1573148 A 2005.2.2

CN 1493772 A 2004.5.5

JP 2001-280348 A 2001.10.10

JP 2002-105536 A 2002.4.10

JP 7-310509 A 1995.11.28

JP 10-30150 A 1998.2.3

JP 11-101247 A 1999.4.13

JP 2004-60807 A 2004.2.26

审查员 安辉

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 方晓虹

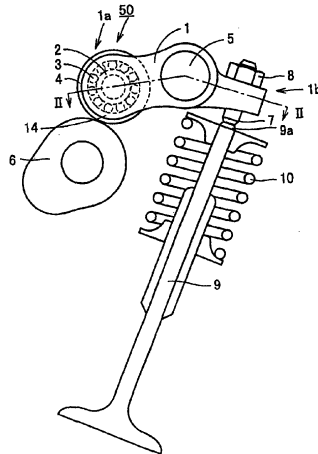
权利要求书5页 说明书51页 附图19页

[54] 发明名称

摇臂用滚动轴承

[57] 摘要

摇臂用滚动轴承(50)包括:与引擎的凸轮(6)滚动接触的辊(4)、位于辊(4)的内侧并固定在摇臂(1)上的辊轴(2)、以及夹设在辊(4)与辊轴(2)之间的多个滚子(3),辊(4)、辊轴(2)及滚子(3)中的至少一个构件具有富氮层,该构件的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内,且表面硬度Hv在653以上。由此,可实现长寿命化。



1、一种摇臂用滚动轴承(50)，包括：与引擎的凸轮轴(6)滚动接触的外圈(4)、位于所述外圈(4)的内侧的内圈(2)、以及夹设在所述外圈(4)与所述内圈(2)之间的多个滚动体(3)，其特征在于，

所述内圈(2)由含有0.50质量%以上的碳的钢构成，具有中空的圆筒形状，端面具有HV200以上且HV300以下的硬度，且在从所述转动体(3)滚动的所述内圈(2)的滚动面表面到内径面(2c)的整个径向上具有硬化层(2a)。

2、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述内圈(2)的滚动面表层部的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内，所述奥氏体结晶粒的粒度等级是磨削后滚动面的表层50 μm 处的值。

3、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述内圈(2)在表层部具有富氮层。

4、如权利要求3所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述内圈(2)的滚动面表层部的残留奥氏体量在11体积%以上且40体积%以下的范围内，所述残留奥氏体量是磨削后滚动面的表层50 μm 处的值。

5、如权利要求3所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述富氮层的含氮量在0.1质量%以上且0.7质量%以下的范围内，所述含氮量是磨削后滚动面的表层50 μm 处的值。

6、如权利要求3所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述内圈(2)的滚动面的表面硬度在HV653以上。

7、如权利要求3所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述内圈(2)的滚动面表层部的富氮层的球状碳化物的面积率在10%以上，所述球状碳化物的面积率是磨削后滚动面的表层50 μm 处的值。

8、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述摇臂(1)安装在位于一方端部(1b)与另一方端部(1a)之间的摇臂轴(5)上，在所述摇臂(5)的所述一方端部(1a)设有两叉状的内圈支撑部(14)，所述另一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接，所述

内圈(2)固定在所述两叉状的内圈支撑部(14)上。

9、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述摇臂(1)的一方端部(1a)与枢轴抵接，所述滚动轴承(50)设在所述摇臂(1)的所述一方端部(1a)与另一方端部(1b)之间，所述另一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接。

10、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述摇臂(1)安装在位于一方端部(11a)与另一方端部(11b)之间的摇臂轴(5)上，所述摇臂(1)的所述一方端部(11a)与传递来自所述凸轮轴(6)的力的连动杆(16)的一方端部(16b)抵接，所述另一方端部(11b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接，所述滚动轴承(50)设在所述连动杆(16)的另一方端部(16a)上。

11、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述滚动轴承是满装滚子形式的滚针轴承。

12、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述外圈(4)、所述内圈(2)及所述滚动体(3)中的至少一个构件具有富氮层，该构件的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内，且表面硬度Hv在653以上。

13、如权利要求12所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述表面硬度Hv在720以上且800以下。

14、如权利要求12所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，所述摇臂(1)旋转自如地安装在位于所述一方端部(1b)与所述另一方端部(1a)之间的旋转轴(5)上，所述一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接，所述摇臂(1)在所述另一方端部(1a)具有两叉状的内圈支撑部(14)，所述内圈(2)固定在该两叉状的内圈支撑部(14)上。

15、如权利要求12所述的摇臂用滚动轴承(50)，其特征在于，该摇臂用滚动轴承(50)设在所述摇臂(1)的一方端部(1b)与另一方端部(1a)之间，

所述内圈(2)固定在处于所述摇臂(1)的两个侧壁(1c)之间的内圈孔

中,所述摇臂(1)的一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接,所述摇臂(1)的另一方端部(1a)与枢轴抵接。

16、如权利要求12所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述摇臂(1)具有摇臂本体(11)和传递来自所述凸轮轴(6)的应力的连动杆(16),所述摇臂本体(11)转动自如地安装在位于所述摇臂本体(11)的一方端部(11b)与另一方端部(11a)之间的旋转轴(5)上,所述摇臂本体(11)的所述一方端部(11b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接,所述摇臂本体(11)的所述另一方端部(11a)与所述连动杆(16)的一方端部(16b)抵接,所述内圈(2)固定在所述连动杆(16)的另一方端部(16a)上。

17、如权利要求12所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,该摇臂用滚动轴承(50)是满装滚子形式的滚针轴承。

18、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述外圈(4)、内圈(2)及滚动体(3)中的至少一个构件具有富氮层,该富氮层中的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内,且所述富氮层的残留奥氏体量在磨削后的滚动面的表层部中处于11体积%~25体积%的范围内。

19、如权利要求18所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述富氮层的含氮量在磨削后的滚动面的表层部中处于0.1重量%~0.7重量%的范围内。

20、如权利要求18所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述摇臂(1)旋转自如地支撑在位于其一方端部(1a)与另一方端部(1b)之间的旋转轴(5)上,所述一方端部(1a)具有两叉状的内圈支撑部(14),所述内圈(2)固定在该两叉状的内圈支撑部(14)上,所述另一方端部(1b)与所述引擎的阀门(9)的端部(9a)抵接。

21、如权利要求18所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述摇臂(1)的一方端部(1b)与所述引擎的阀门(9)的端部(9a)抵接,在所述另一方端部(1a)配合有枢轴,所述内圈(2)固定在处于所述摇臂(1)的一方端部(1b)与另一方端部(1a)之间的相对的两个侧壁(1c)的内圈用孔中。

22、如权利要求 18 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，摇臂 (1) 旋转自如地支撑在位于其一方端部 (11b) 与另一方端部 (11a) 之间的旋转轴 (5) 上，该一方端部 (11b) 与所述引擎的阀门 (9) 的端部 (9a) 抵接，所述另一方端部 (11a) 与传递来自所述凸轮轴 (6) 的应力的连动杆 (16) 的一方端部 (16b) 抵接，所述摇臂用滚动轴承 (50) 的内圈 (2) 固定在所述连动杆的另一方端部 (16a) 上，其外圈 (4) 与所述凸轮 (6) 接触。

23、如权利要求 18 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，所述摇臂用滚动轴承是满装滚子形式的滚针轴承。

24、如权利要求 1 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，所述外圈 (4)、所述内圈 (2) 及所述滚动体 (3) 全部具有富氮层，所述内圈及所述滚动体中的至少一个构件的所述富氮层的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过 10 级的范围内，且所述构件的残留奥氏体量在 11 体积%以上且 25 体积%以下，所述构件的含氮量在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下。

25、如权利要求 24 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，所述摇臂 (1) 安装在位于一方端部 (1b) 与另一方端部 (1a) 之间的摇臂轴 (5) 上，所述一方端部 (1b) 与所述引擎的开闭用阀门 (9) 的端部 (9a) 抵接，所述摇臂 (1) 在所述另一方端部 (1a) 具有两叉状的内圈支撑部 (14)，所述内圈 (2) 固定在该两叉状的内圈支撑部 (14) 上。

26、如权利要求 24 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，该摇臂用滚动轴承 (50) 设在所述摇臂的一方端部 (1b) 与另一方端部 (1a) 之间，所述内圈 (2) 固定在处于所述摇臂的两个侧壁 (1c) 之间的内圈孔中，所述摇臂 (1) 的一方端部 (1b) 与所述引擎的开闭用阀门 (9) 的端部 (9a) 抵接，所述摇臂 (1) 的另一方端部 (1a) 与枢轴抵接。

27、如权利要求 24 所述的摇臂用滚动轴承 (50)，其特征在于，所述摇臂 (1) 具有摇臂本体 (11) 和传递来自所述凸轮轴 (6) 的应力的连动杆 (16)，所述摇臂本体 (11) 安装在位于所述摇臂本体 (11) 的一方端部 (11b) 与另一方端部 (11a) 之间的摇臂轴 (5) 上，所述摇臂本体 (11) 的所述一方端部 (11b) 与所述引擎的开闭用阀门 (9) 的端部 (9a) 抵接，所述摇臂本体 (11)

的所述另一方端部(11a)与所述连动杆(16)的一方端部(16b)抵接,所述内圈(2)固定在所述连动杆(16)的另一方端部(16a)上。

28、如权利要求1所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,

所述外圈(4)、所述内圈(2)及所述滚动体(3)中的至少一个构件具有富氮层,具有所述富氮层的构件的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内,且具有所述富氮层的构件的球状碳化物的面积率在10%以上。

29、如权利要求28所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,具有所述富氮层的构件的球状碳化物的面积率在10%以上且25%以下。

30、如权利要求28所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述摇臂(1)旋转自如地安装在位于所述一方端部(1b)与所述另一方端部(1a)之间的旋转轴(5)上,所述一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接,所述摇臂(1)在所述另一方端部(1a)具有两叉状的内圈支撑部(14),所述内圈(2)固定在该两叉状的内圈支撑部(14)上。

31、如权利要求28所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,该摇臂用滚动轴承(50)设在所述摇臂(1)的一方端部(1b)与另一方端部(1a)之间,

所述内圈(2)固定在处于所述摇臂(1)的两个侧壁(1c)之间的内圈孔中,所述摇臂(1)的一方端部(1b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接,所述摇臂(1)的另一方端部(1a)与枢轴抵接。

32、如权利要求28所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,所述摇臂(1)具有摇臂本体(11)和传递来自所述凸轮轴(6)的应力的连动杆(16),所述摇臂本体(11)转动自如地安装在位于所述摇臂本体(11)的一方端部(11b)与另一方端部(11a)之间的旋转轴(5)上,所述摇臂本体(11)的所述一方端部(11b)与所述引擎的开闭用阀门(9)的端部(9a)抵接,所述摇臂本体(11)的所述另一方端部(11a)与所述连动杆(16)的一方端部(16b)抵接,所述内圈(2)固定在所述连动杆(16)的另一方端部(16a)上。

33、如权利要求28所述的摇臂用滚动轴承(50),其特征在于,该摇臂用滚动轴承(50)是满装滚子形式的滚针轴承。

摇臂用滚动轴承

技术领域

本发明涉及一种用于对汽车引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂用滚动轴承，尤其是涉及可实现长寿命化的摇臂用滚动轴承。

背景技术

在最近的滚动轴承中，例如像在用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂上使用的轴承那样，虽然是满装滚子（日文：総ころ）型但有许多在高速、高载荷用途中使用的轴承。尤其是在没有保持器的满装滚子型轴承中，由于滚子彼此间产生干扰，或不能顺利地控制滚子位置，从而容易引起滚子的歪斜。另外，在润滑油不能良好地向轴承内部供给时，容易产生润滑条件差的情况。结果是，引起滑移发热和局部表面压力的上升，尽管计算上具有大的载荷容量，但还是容易产生表面损伤（剥落、擦伤、表面起点型剥离）和内部起点型剥离。

像在用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂上使用的轴承那样，在其外圈的外径与凸轮滚动接触的用途中，以往有很多主要是对外圈的外径进行改良的改良技术。例如，喷丸硬化等加工带来的压缩的残留应力、高浓度渗碳氮化带来的高硬度（加工效果）而实现的长寿命化等都是主要为了改良与对象凸轮滚动接触的外圈外径而进行的。

在以往的公知技术中，采取下述措施。

（1）为了提高滚动疲劳寿命，对轴承部件的套圈实施喷丸硬化，从表面向内部依次设有强化层、含残留奥氏体层、淬火硬化层的轴承部件（日本专利特开平 2-168022 号公报（专利文献 1））。

（2）通过喷丸硬化对马氏体组织中碳化物的大小、面积率、残留奥氏体量及硬度进行高效调整的技术（日本专利特开 2001-065576 号公报（专利文献 2））。

(3) 为了提高滚动疲劳寿命, 使喷丸硬化引起的残留压缩应力峰值高度及分布与使用时作用的最大剪断应力及作用深度一致的技术(日本专利特开平 3-199716 号公报(专利文献 3))。

(4) 在浸碳轴承中, 为了实现长寿命化而实施喷丸硬化, 在施加完最终表面精加工的表面上使残留压缩应力 σ (MPa) 与残留奥氏体 γ (%) 的组合满足 $0.001\sigma + 0.3\gamma \geq 1.0$ 的条件的方法。

(5) 使凸轮从动件外圈的外径的硬度与对象凸轮基本相同, 且使外圈的内径的硬度高于外径的硬度的凸轮从动件装置(摇臂用轴承)(日本专利特开平 3-119508 号公报(专利文献 4))。

(6) 在与相对的另一部件滚动接触或滚动滑移接触的部件中, 通过喷丸硬化使距离表面 $0 \sim 50 \mu\text{m}$ 深度的表层部的最大压缩应力为 $50 \sim 110 \text{kgf/mm}^2$, 硬度为 HV830~960, 残留奥氏体在 7%以上, 表面粗糙度的平均波长在 $25 \mu\text{m}$ 以下的技术(日本特许第 3125434 号公报(专利文献 5))。

虽然为了延长相当于内圈的轱轴、滚子或轴承整体的滚动寿命的改良很少, 但如下所述, 也有从材质方面通过进行渗碳氮化来提高耐热性、显微组织稳定性、高硬度化等来实现轴承的长寿命化的例子。

(7) 在引擎的气门机构用凸轮从动件装置用轴承(摇臂用轴承)中, 使轴承在引擎的额定转速下的计算寿命在 1000 小时以上的技术(日本专利特开 2000-038907 号公报(专利文献 6))。

(8) 为了实现碳化物的比率为 $10 \sim 25\%$ 、残留奥氏体相对于初始值的分解率为 $1/10 \sim 3/10$ 、端面硬度为 HV830~960、表面粗糙度的平均波长为 $25 \mu\text{m}$ 以下的凸轮从动件装置用轴承轴(摇臂用轴承), 而对轴承钢实施渗碳氮化和硬喷丸硬化的技术(日本专利特开平 10-047334 号公报(专利文献 7))。

(9) 为了提高轴的耐磨损性, 在轴上形成有高分子化合物等固体润滑膜的凸轮从动件轴(摇臂用轴承部件)(日本专利特开平 10-103339 号公报(专利文献 8))。

(10) 由工具钢等形成、在低于回火温度的温度下通过离子氮化或离子镀得到高硬度的凸轮从动件轴(摇臂用轴承部件)(日本专利特开平 10-110720

号公报（专利文献9））。

(11) 对轴的弯曲应力为 150MPa 以下的引擎的气门机构用凸轮从动件装置用轴承（摇臂用轴承部件）（日本专利特开 2000-038906 号公报（专利文献 10））。

(12) 在轴承构成部件的滚道面上形成有润滑油保持性良好的磷酸盐涂膜的引擎的气门机构用凸轮从动件（气门机构用滚动轴承）（日本专利特开 2002-031212 号公报（专利文献 11））。

(13) 在轴的滚子滚动区域形成有隆起面的气门机构用凸轮从动件（气门机构用滚动轴承）（日本专利实开昭 63-185917 号公报（专利文献 12））。

(14) 进行使轴的滚道面表层的碳浓度为 1.2%~1.7%C 的高浓度浸碳处理或渗碳氮化处理、使内部硬度为 HV300 的浸碳轴（日本专利特开 2002-194438 号公报（专利文献 13））。

作为摇臂产生的其他问题，有时对辊轴两端部实施铆接成形，从而铆接在辊支撑构件上。此时，辊轴的滚道面需要具有高硬度，但端部需要具有可进行铆接成形的柔软性。另外，需要有铆接固定后、使用中不产生松弛的强度（硬度）。在可对摇臂的辊轴两端部进行铆接成形的装置中公开有下述技术。

(15) 对辊轴的外周面均匀地进行高频淬火，回火后，仅对两端部进行高频退火而使两端部软化的方法（日本专利特开平 5-179350 号公报（专利文献 14））。

但是，近年来，环境问题被广泛关注，对汽车也开始制定法律强烈要求低油耗化。同时，对于构成引擎的各部件，也要求轻量化、紧凑化。因此，对于用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂，也要求轻量化、紧凑化，自然地对于摇臂用轴承也要求轻量化、紧凑化。

作为使轴承轻量化的方法，例如在美国特许第 4, 727, 832 号（专利文献 15）中公开了一种将内圈形成为中空圆筒形状（管）的方法，另外，作为轴承的紧凑化方法有减小轴承尺寸的方法。但是，轴承的尺寸减小会受到凸轮的形状和阀门开闭的扬程量的限制，因此，不能简单地减小直径，大多是减小宽度方向（轴向）的尺寸。由此，作为轴承的轻量化、紧凑化方法大多都是将内

圈形成为中空圆筒形状和减小宽度方向的尺寸。

在此，在实施轴承的轻量化、紧凑化之际，存在的问题是外圈或内圈的断裂疲劳强度、以及滚子或内圈的滚动疲劳寿命下降。

在此之前，本申请人通过改良热处理技术，成功地对外圈、滚子及通过压入或销固定等（铆接加工以外）固定在摇臂上的内圈（整体硬化的内圈）进行了断裂疲劳强度和滚动疲劳寿命的改善。由此，对于通过铆接加工固定在摇臂上的内圈，需要改善断裂疲劳强度和滚动疲劳寿命。

本申请人也成功地对通过铆接加工固定在摇臂上的内圈进行了滚动疲劳寿命的改善，但残留的技术问题是中空圆筒形状的内圈的断裂疲劳强度的改善。

以往，对于通过铆接加工固定在摇臂上的内圈，因加工工序增加，故不使用中空圆筒形状，而是使用实心的圆筒形状，为了可对端面进行铆接加工而通过高频热处理仅对作为滚动体的滚子的滚道面进行表面硬化。这种技术例如公开在日本专利特开昭 62-007908 号公报（专利文献 16）、日本专利特开平 5-321616 号公报（专利文献 17）等中。

同样地，在使用中空圆筒形状的内圈时，以往为了可对端面进行铆接加工也通过高频热处理仅对作为滚动体的滚子的滚道面进行表面硬化。这种技术例如公开在日本专利特开平 3-031503 号公报（专利文献 18）、日本专利特开 2000-038906 号公报（专利文献 10）等中。

尤其是，与实心的圆筒形状的内圈相比，中空圆筒形状的内圈的形状引起的弯曲应力较大，因此有一种使该弯曲应力在 15kgf/mm^2 以下以防止破损的方法（参照日本专利特开 2000-038906 号公报）。但是，该方法会使形状受到限制，从而妨碍轴承的轻量化、紧凑化。

另外，单纯的中空圆筒形状的内圈因上述理由而存在强度不足的问题，因此有一种对内径部附加补强材料的方法（参照日本专利特开平 3-063703 号公报（专利文献 19））。但是，该方法会使加工工序增加，且较为复杂，故存在轴承的价格上升的缺点。

专利文献 1：日本专利特开平 2-168022 号公报

- 专利文献 2: 日本专利特开 2001-065576 号公报
专利文献 3: 日本专利特开平 3-199716 号公报
专利文献 4: 日本专利实开平 3-119508 号公报
专利文献 5: 日本特许第 3125434 号公报
专利文献 6: 日本专利特开 2000-038907 号公报
专利文献 7: 日本专利特开平 10-47334 号公报
专利文献 8: 日本专利特开平 10-103339 号公报
专利文献 9: 日本专利特开平 10-110720 号公报
专利文献 10: 日本专利特开 2000-038906 号公报
专利文献 11: 日本专利特开 2002-031212 号公报
专利文献 12: 日本专利实开昭 63-185917 号公报
专利文献 13: 日本专利特开 2002-194438 号公报
专利文献 14: 日本专利特开平 5-179350 号公报
专利文献 15: 美国特许第 4, 727, 832 号说明书
专利文献 16: 日本专利特开昭 62-007908 号公报
专利文献 17: 日本专利特开平 5-321616 号公报
专利文献 18: 日本专利特开平 3-031503 号公报
专利文献 19: 日本专利实开平 3-063703 号公报

发明公开

发明所要解决的技术问题

今后,用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂用滚动轴承也会与通常的轴承一样,不断推进使用时的高速化、大载荷化、润滑油的低粘度化。支配在这种条件下使用的轴承的寿命的主要因素除通常的依赖载荷型的滚动疲劳寿命外,还有针对因滑移或油膜不足而产生的金属接触的表面损伤寿命。为了实现摇臂用滚动轴承的长寿命化就需要延长这些寿命,但现今还没有同时使两个寿命大幅延长的技术。另外,还会产生满装滚子型轴承所特有的滚子的干扰和歪斜引起的寿命减短。

以往的公知技术主要是利用高硬度、高压应力来提高滚动寿命，或改良与对象构件的滚动面。当将这些技术实际应用于轴承上时，虽然对外圈这种作用有弯曲应力的用途的疲劳强度和在外圈外径面的耐磨损性有效，并得到了良好的效果，但仅通过这些技术未必能对相当于轴承内圈的轴和滚子的滚动疲劳寿命的延长起到大的效果。

因此，本发明的第一目的在于提供一种可实现长寿命化的摇臂用滚动轴承。另外，本发明的第二目的在于提供一种用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭、可在高速化、大载荷化、润滑油低粘度化的使用条件下延长滚动疲劳寿命、以及针对金属接触引起的表面损伤的表面损伤寿命的摇臂用滚动轴承。

另外，近年来，由于采用了阀扬程量可变机构和阀时间可变机构，从而气门机构不断复杂化。另外，不断要求可动部件和引擎自身的轻量化。由于这些理由，摇臂在气门机构内所占的空间受到限制。因此，也要求装在摇臂上的滚动轴承比以往紧凑化。

但是，若使摇臂用滚动轴承紧凑化，则单位面积所施加的载荷增加，从而存在寿命下降的问题。因此，不能在实现摇臂用滚动轴承的紧凑化的同时抑制寿命的降低。

因此，本发明的第三目的在于提供一种可在实现紧凑化的同时抑制寿命降低的摇臂用滚动轴承。

再者，如上所述，对于在用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂上使用的轴承，也要求轻量化、紧凑化，但通过上述说明可知，没有改善中空圆筒形状的内圈的断裂疲劳强度的方案。

因此，本发明的第四目的在于：针对用于对引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂上使用的轴承，提供一种可将内圈形成为中空圆筒形状来实现轻量化、紧凑化、且可改善断裂疲劳强度及滚动疲劳寿命的摇臂用滚动轴承。

用于解决技术问题的技术方案

本发明的摇臂用滚动轴承，包括：与引擎的凸轮轴滚动接触的外圈、位于外圈的内侧的内圈、以及夹设在外圈与内圈之间的多个滚动体，其特征在于，内圈由含有 0.50 质量%以上的碳的钢构成，具有中空圆筒形状，端面具有

HV200 以上且 HV300 以下的硬度，且在从转动体滚动的内圈的滚动面表面到内径面的整个径向上具有硬化层。

采用本发明的摇臂用滚动轴承，由于在从转动体滚动的内圈的滚动面表面到其内径的整个径向上形成有硬化层，故可改善静态断裂强度及断裂疲劳强度。另外，由于内圈是中空圆筒形状，故可使滚动轴承轻量化、紧凑化。

由于进行高频热处理，使作为滚动体的滚子的滚动面、即内圈的外径表面硬化成适度的硬度（HV653 以上），因此构成内圈的钢的碳量需要在 0.5 质量% 以上。

由于通过对内圈端面进行铆接加工来将其固定在摇臂等上，因此，内圈端面的硬度在可进行铆接加工的 HV200 以上且 HV300 以下的范围内。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：内圈的滚动面表层部的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过 10 级的范围内，该奥氏体结晶粒的粒度等级是磨削后滚动面的表层 $50\ \mu\text{m}$ 处的值。

由于奥氏体结晶粒的粒度等级超过 10 级，奥氏体结晶粒的粒径非常微细，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若奥氏体结晶粒的粒度等级在 10 级以下，则不能大幅改善断裂疲劳寿命、滚动疲劳寿命，因此使其在超过 10 级的范围内。通常，为 11 级以上。

在此，奥氏体结晶粒是指在进行淬火处理后仍残留着淬火将要进行前的奥氏体晶界的痕迹、基于该痕迹的结晶粒。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：内圈在表层部具有富氮层。

本发明第一方面的摇臂用滚动轴承最好构成为：内圈的滚动面表层部的残留奥氏体量在 11 体积%以上且 40 体积%以下的范围内，该残留奥氏体量是磨削后滚动面的表层 $50\ \mu\text{m}$ 处的值。

若残留奥氏体量为 11 体积%左右，则表面损伤寿命降低，若不到 11 体积% 则有更低的倾向。另一方面，若残留奥氏体量多于 40 体积%，则会引起表面硬度的降低，导致滚动疲劳寿命恶化。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：富氮层的含氮量在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下的范围内，该含氮量是磨削后滚动面的表层 $50\ \mu\text{m}$ 处的值。

富氮层是使形成在内圈的表层的含氮量增加的层，例如可通过渗碳氮化、氮化、浸氮等处理来形成。若含氮量少于0.1质量%，则没有效果，尤其是表面损伤寿命会降低。若含氮量多于0.7质量%，则会出现称为缩孔的空孔，或因残留奥氏体量过多而没有表现出硬度，从而寿命较短。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：内圈的滚动面的表面硬度在HV653以上。

由于表面硬度较高，在HV653以上，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若表面硬度不到HV653，则不能大幅改善滚动疲劳寿命，反而使其恶化。通常，表面硬度的范围为HV720以上且HV800以下。虽然表面硬度越高越好，但通常很难得到超过HV900的表面硬度。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：内圈的滚动面表层部的富氮层的球状碳化物的面积率在10%以上，该球状碳化物的面积率是磨削后滚动面的表层50 μ m处的值。

由于球状碳化物的面积率在10%以上，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若球状碳化物的面积率不到10%，则不能大幅改善滚动疲劳寿命，因此在10%以上的范围内。虽然球状碳化物的面积率越大越好，但通常若面积率超过25%，则会因碳化物的粗大化和凝聚而导致材料的韧性劣化，因此最好在10%以上且25%以下的范围内。球状碳化物的面积率是磨削后滚动面的表层50 μ m处的值，在用苦味酸醇溶液（苦味醇液）进行腐蚀后，可用光学显微镜（400倍）观察。

在此，简单地称为球状碳化物，但实际上是碳化物/氮化物的组合。

上述的残留奥氏体量、富氮层中的含氮量、硬化层的硬度及球状碳化物的面积率这些各个特性可通过改善内圈的断裂强度来改善滚动疲劳寿命。

(e1) 上述摇臂用滚动轴承最好构成为：摇臂安装在位于一方端部与另一方端部之间的摇臂轴上，在摇臂的一方端部设有两叉状的内圈支撑部，另一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，内圈固定在两叉状的内圈支撑部上。

(e2) 上述摇臂用滚动轴承最好构成为：摇臂的一方端部与枢轴抵接，滚动轴承设在摇臂本体的一方端部与另一方端部之间，另一方端部与引擎的开闭

用阀门的端部抵接。

(e3) 上述摇臂用滚动轴承最好构成为：摇臂安装在位于一方端部与另一方端部之间的摇臂轴上，摇臂的一方端部与传递来自凸轮轴的力的连动杆的一方端部抵接，另一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，滚动轴承设在连动杆的另一方端部上。

上述(e1)、(e2)(e3)各个形态的相同点在于将来自凸轮的驱动力向引擎的阀传递，但其结构不同，可分别对应不同的引擎型号。

上述摇臂用滚动轴承最好构成为：滚动轴承是满装滚子形式的滚针轴承。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：外圈、内圈及滚动体中的至少一个构件具有富氮层（日文：窒素富化層），该构件的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内，且表面硬度Hv在653以上。

对上述构件的奥氏体晶粒进行微细化，使其粒度等级超过10级，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若奥氏体粒径的粒度等级在10级以下，则不能大幅改善滚动疲劳寿命，因此使其在超过10级的范围内。通常，最好为11级以上。另外，也可使平均结晶粒径在 $6\mu\text{m}$ 以下。虽然奥氏体粒径越小越好，但通常很难得到超过13级的粒度等级。

上述奥氏体结晶粒度可以通过JIS规定的通常的方法求得，也可通过切片法等求得对应上述结晶粒度等级的平均粒径然后换算求得。上述奥氏体结晶粒度等级只要在富氮层中满足即可。但是，通常情况下，处于渗碳氮化层内侧的钢材本体也满足上述的奥氏体结晶粒微细化的基准。

另外，所谓奥氏体结晶粒是指在淬火加热中发生了相变的奥氏体的结晶粒，其在因冷却而相变成马氏体后仍以过去的形态（日文：履歴）残存。另外，在本说明书中，所谓“内圈”是包含实心的轴及中空的轴的意思。

另外，由于表面硬度Hv在653以上，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若表面硬度Hv不到653，则尤其是异物混入条件下的寿命降低。最好使表面硬度Hv在720以上且800以下。虽然表面硬度Hv越高越好，但若表面硬度Hv超过800，则碳化物容易变大，可能成为应力集中源。

(a1) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂旋转自如地安装在位于其一

方端部与另一方端部之间的旋转轴上，一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂在另一方端部具有两叉状的内圈支撑部，本发明的摇臂用滚动轴承的内圈固定在该两叉状的内圈支撑部上。

(a2) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂用滚动轴承设在摇臂的一方端部与另一方端部之间，内圈固定在处于摇臂的两个侧壁之间的内圈孔中，摇臂的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂的另一方端部与枢轴抵接。

(a3) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂可以具有摇臂本体和传递来自凸轮轴的应力的连动杆，摇臂本体旋转自如地安装在位于摇臂本体的一方端部与另一方端部之间的旋转轴上，摇臂本体的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂本体的另一方端部与连动杆的一方端部抵接，本发明的滚动轴承的内圈固定在连动杆的另一方端部上。

上述(a1)、(a2)(a3)的摇臂的相同点在于将来自凸轮的驱动力向引擎的阀传递，但其结构不同，可分别对应不同的引擎型号。

另外，摇臂用滚动轴承可以是满装滚子形式的滚针轴承。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：外圈、内圈及滚动体中的至少一个构件具有富氮层，该富氮层中的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内，且富氮层的残留奥氏体量在磨削后滚动面的表层 $50\mu\text{m}$ 处处于11~25体积%的范围内。

上述相当于内圈的轴可以是实心的轴，也可以是中空的轴。将这些相当于内圈的轴称为内圈。

所述外圈、内圈或滚动体的奥氏体结晶粒在存在富氮层的表层部和处于表层部内侧的内部都不变化。因此，符合上述结晶粒度等级的范围的位置为表层部及/或内部。在此，奥氏体结晶粒是指在进行淬火处理后仍残留着淬火将要进行前的奥氏体晶界的痕迹、基于该痕迹的结晶粒。其粒度等级如实施形态所述可基于JIS规格等测定。

在上述本发明的构成中，若残留奥氏体量在11体积%以上，则会生成压缩应力，即使施加产生局部损伤程度的应力及/或应变，也不会因残留奥氏体相

变成马氏体的体积膨胀而产生损伤。因此，表面损伤寿命提高。若残留奥氏体量不到 11 体积%，则表面损伤寿命的提高较小。另一方面，当残留奥氏体量大于 25 体积%时，则残留奥氏体量与通常的渗碳氮化处理没有差异，从上述残留奥氏体向马氏体相变引起的体积膨胀过度，时效尺寸变化增大，故不佳。因此，残留奥氏体为 11 体积%~25 体积%。优选的范围为 15 体积%~25 体积%。

残留奥氏体量 11 体积%~25 体积%、或 15 体积%~25 体积%是磨削后滚动面的表层部的值。

所述富氮层的含氮量最好在 0.1 重量%~0.7 重量%的范围内。富氮层是使形成在所述外圈、内圈或滚动体的表层的含氮量增加的层，例如可通过渗碳氮化、氮化、浸氮等处理来形成。富氮层的含氮量最好在 0.1 重量%~0.7 重量%的范围内。若含氮量少于 0.1 重量%，则对残留奥氏体的生成、高硬度化等的效果小，尤其是表面损伤寿命会降低。若含氮量多于 0.7 重量%，则会出现称为缩孔的空孔，或因残留奥氏体量过多而没有表现出硬度，从而寿命较短。富氮层的含氮量是磨削后滚动面的表层部的值。另外，含氮量也可称为含氮率。

(b1) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂旋转自如地支撑在位于其一方端部与另一方端部之间的旋转轴上，一方端部具有两叉状的内圈支撑部，内圈固定在该两叉状的内圈支撑部上，另一方端部与引擎的阀门的端部抵接。

(b2) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂的一方端部与引擎的阀门的端部抵接，在另一方端部配合有枢轴，内圈固定在处于摇臂的一方端部与另一方端部之间的相对的两个侧壁的内圈用孔中。

(b3) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂旋转自如地支撑在位于其一方端部与另一方端部之间的旋转轴上，该一方端部与引擎的阀门的端部抵接，另一方端部与传递来自凸轮轴的应力的连动杆的一方端部抵接，摇臂用滚动轴承的内圈固定在连动杆的另一方端部上，其外圈与凸轮接触。

上述 (b1)、(b2) (b3) 的摇臂与滚动轴承的组合的相同点在于将来自凸轮的驱动力向引擎的阀传递，但其结构不同，可分别对应不同的引擎型号。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：外圈、内圈及滚动体全部具有富氮层，内圈及滚动体中的至少一个构件的富氮层的奥氏体结晶粒的粒度等级在超

过 10 级的范围内，且所述构件的残留奥氏体量在 11 体积%以上且 25 体积%以下，所述构件的含氮量在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下。

奥氏体结晶粒在存在富氮层的表层部和处于表层部内侧的内部都不变化。因此，成为上述结晶粒度等级的范围的对象的位置为表层部及内部。在此，奥氏体结晶粒是指在淬火加热中产生了相变的奥氏体的结晶粒，其在因冷却而相变成马氏体后仍以过去的形态残存。

若残留奥氏体量不到 11 体积%，则表面损伤寿命有大幅下降的倾向，若残留奥氏体量多于 25 体积%，则残留奥氏体量与进行通常的渗碳氮化处理的场合没有差异，从而时效尺寸变化较差。

残留奥氏体量是磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值，例如可通过比较 X 射线衍射时马氏体 α (211) 与残留奥氏体 γ (220) 的衍射强度来测定。另外，由于奥氏体相是非磁性体，铁素体相是强磁性体，故也可利用磁力天平求得磁化力来进行测定。再者，也可使用市场上销售的测定装置来简单地测定。

富氮层是使形成在表层的含氮量增加的层，例如可通过渗碳氮化、氮化、浸氮等处理来形成。若富氮层的含氮量少于 0.1 质量%，则没有效果，尤其是表面损伤寿命会降低。若含氮量多于 0.7 质量%，则会出现称为缩孔的空孔，或因残留奥氏体量过多而没有表现出硬度，从而寿命较短。富氮层的含氮量是磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值，例如可通过 EPMA (Electron Probe Micro-Analysis: 波长分散型 X 射线显微分析仪) 测定。

如上所述，采用本发明的摇臂用滚动轴承可实现长寿命化，因此，即使紧凑化也不会使轴承的寿命比以往低。由此，可实现紧凑化，抑制寿命的降低。

(c1) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂安装在位于其一方端部与另一方端部之间的摇臂轴上，一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂在另一方端部具有两叉状的内圈支撑部，本发明的摇臂用滚动轴承的内圈固定在该两叉状的内圈支撑部上。

(c2) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：本发明的摇臂用滚动轴承设在摇臂的一方端部与另一方端部之间，内圈固定在处于摇臂的两个侧壁之间的内圈孔中，摇臂的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂的另一方端部与

枢轴抵接。

(c3) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂具有摇臂本体和传递来自凸轮轴的应力的连动杆，摇臂本体安装在位于摇臂本体的一方端部与另一方端部之间的摇臂轴上，摇臂本体的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂本体的另一方端部与连动杆的一方端部抵接，本发明的摇臂用滚动轴承的内圈固定在连动杆的另一方端部上。

上述(c1)、(c2)(c3)的摇臂的相同点在于将来自凸轮的驱动力向引擎的阀传递，但其结构不同，可分别对应不同的引擎型号。

另外，在本说明书中，所谓“内圈”是包含实心的轴及中空的轴的意思。

本发明的摇臂用滚动轴承最好构成为：外圈、内圈及滚动体中的至少一个构件具有富氮层，具有富氮层的构件的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过10级的范围内，且具有富氮层的构件的球状碳化物的面积率在10%以上。

上述奥氏体结晶粒度可以通过JIS规定的通常的方法求得，也可通过切片法等求得对应上述结晶粒度等级的平均粒径然后换算求得。上述奥氏体结晶粒度等级只要在渗碳氮化层中满足即可。但是，通常情况下，处于渗碳氮化层内侧的钢材本体也满足上述的奥氏体结晶粒微细化的基准。

另外，所谓奥氏体结晶粒是指在淬火加热中发生了相变的奥氏体的结晶粒，其在因冷却而相变成马氏体后仍以过去的形态残存。另外，在本说明书中，所谓“内圈”是包含实心的轴及中空的轴的意思。

另外，由于具有富氮层的构件的球状碳化物的面积率在10%以上，因此可大幅改良滚动疲劳寿命。若球状碳化物的面积率不到10%，则不能大幅改善滚动疲劳寿命，因此在10%以上的范围内。虽然球状碳化物的面积率越大越好，但通常若面积率超过25%，则会因碳化物的粗大化和凝聚而导致材料的韧性劣化，因此最好在10%以上且25%以下的范围内。

(d1) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂旋转自如地安装在位于其一方端部与另一方端部之间的旋转轴上，一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂在另一方端部具有两叉状的内圈支撑部，本发明的摇臂用滚动轴承的内圈固定在该两叉状的内圈支撑部上。

(d2) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂用滚动轴承设在摇臂的一方端部与另一方端部之间，内圈固定在处于摇臂的两个侧壁之间的内圈孔中，摇臂的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂的另一方端部与枢轴抵接。

(d3) 上述摇臂用滚动轴承可以构成为：摇臂具有摇臂本体和传递来自凸轮轴的应力的连动杆，摇臂本体旋转自如地安装在位于摇臂本体的一方端部与另一方端部之间的旋转轴上，摇臂本体的一方端部与引擎的开闭用阀门的端部抵接，摇臂本体的另一方端部与连动杆的一方端部抵接，本发明的摇臂用滚动轴承的内圈固定在连动杆的另一方端部上。

上述(d1)、(d2)(d3)的摇臂的相同点在于将来自凸轮的驱动力向引擎的阀传递，但其结构不同，可分别对应不同的引擎型号。

另外，摇臂用滚动轴承可以是满装滚子形式的滚针轴承。

发明效果

采用本发明的摇臂用滚动轴承，由于从内圈的供转动体滚动的滚动面表面到其内径的整个径向上形成有硬化层，故可改善静态断裂强度及断裂疲劳强度。另外，由于内圈是中空圆筒形状，故可使滚动轴承轻量化、紧凑化。另外，在表层部具有富氮层，奥氏体结晶被微细化成粒度等级超过10级，并具有适量的残留奥氏体量，具有适度的表面硬度，球状碳化物的面积率高，因此，可同时改善通常的依赖载荷型的滚动疲劳寿命、以及针对因滑移或油膜不足而产生的金属接触的表面损伤寿命。

采用本发明的摇臂用滚动轴承对奥氏体晶粒进行微细化以使其粒度等级超过10级，且具有653以上的表面硬度Hv，因此，滚动疲劳寿命大幅改善，可得到优良的耐断裂强度和耐时效尺寸变化。

采用本发明的摇臂用滚动轴承，在高速化、大载荷化、润滑油低粘度化的使用条件下，不仅可延长滚动疲劳寿命，还可延长针对金属接触引起的表面损伤的表面损伤寿命。

采用本发明的摇臂用滚动轴承，可实现紧凑化，抑制寿命的降低。

采用本发明的摇臂用滚动轴承，对奥氏体晶粒进行微细化以使其粒度等级

超过 10 级，且球状碳化物的面积率在 10%以上，因此，滚动疲劳寿命大幅改善，可得到优良的耐断裂强度和耐时效尺寸变化。

附图说明

图 1 是表示本发明实施形态 1 的摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图。

图 2 是沿图 1 的 II-II 线的剖视图。

图 3 是表示本发明实施形态 1 的另一摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图。

图 4 是表示本发明实施形态 1 的又一摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图。

图 5 是包含图 4 的摇臂用滚动轴承在内的部分的放大图。

图 6 是说明本发明实施形态 1 的热处理方法的图。

图 7 是说明本发明实施形态 1 的热处理方法的变形例的图。

图 8 是表示轴承部件的显微组织、尤其是奥氏体晶粒的图，(a) 是本发明例的轴承部件，(b) 是以往的轴承部件。

图 9 (a) 是表示图解图 8 (a) 后的奥氏体晶界的图，图 9 (b) 是表示图

解图 8 (b) 后的奥氏体晶界的图。

图 10 是用于说明以往的硬化层的图案的剖视立体图。

图 11 是用于说明本发明实施形态 2 的硬化层的图案的剖视立体图。

图 12 是说明本发明实施形态 2 的热处理方法的图。

图 13 是说明本发明实施形态 2 的另一热处理方法的图。

图 14 是对图 12 的加热曲线 H1 附加了具体条件的图。

图 15 是对图 13 的加热曲线 H2 附加了具体条件的图。

图 16 是表示外圈旋转的滚动疲劳试验机的图。

图 17 是表示静压破坏强度试验（破坏应力值的测定）的试验片的图。

图 18 是滚动疲劳寿命试验机的概略图，(a) 是主视图，(b) 是侧视图。

图 19 是表示静态破坏韧性试验的试验片的图。

图 20 是表示实施例 5 的试料 1~试料 6 的结构（尺寸）的剖视图。

图 21 是表示实施例 5 的试料 7~试料 11 的结构（尺寸）的剖视图。

图 22 是表示剥离寿命试验装置的主要部分的主视图。

图 23 是沿图 22 的 XXIII-XXIII 线的剖视图。

（符号说明）

1 摇臂	1a、1b 摇臂端部
1c 侧壁	2、52 辊轴（内圈）
2a 硬化层	2b 外径面
2c 内径面	2d 端面
3、53 滚子（针状滚子）	4、54 辊（外圈）
5 摇臂轴（旋转轴）	6 凸轮
7 调整螺钉	8 锁定螺母
9 阀门	9a 阀门上端
10 弹簧	11 摇臂本体
11a、11b 摇臂本体端部	14 内圈支撑部（辊支撑部）
15 枢轴孔	16 连动杆
16a 轴承安装部	16b 连动杆上端部

17 安装构件	50 滚动轴承
55、56 构件	101 驱动滚筒
111 驱动滚筒	112 引导滚筒
113 滚珠	121 滚动疲劳寿命试验片

具体实施方式

下面参照附图对本发明的实施形态进行说明。

(实施形态 1)

图 1 是表示本发明实施形态 1 的摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图，图 2 是沿图 1 的 II-II 线的剖视图。如图 1 及图 2 所示，作为转动构件的摇臂 1 在位于一方端部 1a 与另一方端部 1b 之间的中央部通过轴承衬瓦等自由旋转地支撑在摇臂轴 5 上。摇臂 1 以摇臂轴 5 为中心进行摆动运动。在该摇臂 1 的一方端部 1b 上旋入有调整螺钉 7。该调整螺钉 7 通过锁定螺母 8 固定，其下端与内燃机的供气阀或排气阀的阀门（引擎的开闭用阀门）9 的上端部 9a 抵接。该阀门 9 被弹簧 10 的弹力施力。

摇臂 1 一体地具有以两叉状形成在另一方端部 1a 上的内圈支撑部（辊支撑部）14。在开设在该两叉状的内圈支撑部 14 上的辊轴孔中铆接、压入或通过挡圈固定有相当于内圈的辊轴 2 的两端。辊轴 2 具有中空的圆筒形状。在该辊轴 2 的外周面中央部通过多个作为滚动体的滚子 3 自由旋转地支撑有构成外圈的辊 4。即，在辊轴 2 与辊 4 之间夹设有多个滚子 3。即，在该两叉状的辊支撑部 14 上配置有包括相当于内圈的辊轴 2、作为滚动体的滚子 3 及相当于外圈的辊 4 的满装滚子型的滚动轴承（滚针轴承）50。滚子 3 的轴线方向与辊轴 2 的轴线平行地配置。该辊 4 的外周面因弹簧 10 的施力而与设于凸轮轴的凸轮 6 的凸轮面抵接。换言之，凸轮 6 与辊 4 滚动接触。

凸轮 6 旋转时，摇臂 1 被凸轮 6 推压而沿上下方向振动，该振动以摇臂轴 5 为支点向阀门 9 传递，阀门 9 进行开闭动作。本实施形态的摇臂用滚动轴承 50 是不使用保持器的满装滚子轴承，由辊轴 2、多个滚子 3 及辊 4 构成。摇臂用滚动轴承 50 起到减小摇臂 1 与凸轮 6 之间的摩擦、提高耐磨损性的作用。

由于摇臂用滚动轴承 50 一边与凸轮 6 接触一边旋转,故在辊 4 上作用有凸轮 6 的推压力和冲击力。

图 3 是表示本发明实施形态 1 的另一摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图。如图 3 所示,在摇臂 1 的一方端部 1b 与另一方端部 1a 之间设置有摇臂用滚动轴承 50。另外,在摇臂 1 的两个侧壁 1c 之间形成有作为内圈孔的辊孔(未图示)。并且,在该辊孔内固定有辊轴 2。

辊轴 2 具有中空的圆筒形状,通过将两端插入开设在摇臂 1 两侧的各个侧壁上的辊轴孔(未图示)中并进行铆接加工来加以固定。在该辊轴 2 的外径面中央部通过滚子 3 自由旋转地支撑有辊 4。滚子 3 的轴线方向与辊轴 2 的轴线平行地配置。该辊 4 的外径面因弹簧 10 的施力而与设于凸轮轴的凸轮 6 的凸轮面抵接。

摇臂 1 的一方端部 1b 与引擎的开闭用阀门 9 的上端部 9a 抵接,在摇臂 1 的另一方端部 1a 上设置有枢轴孔 15。枢轴孔 15 与未图示的枢轴抵接。设有枢轴孔 15 的摇臂 1 被弹簧 10 向枢轴周围的规定方向施力。从凸轮 6 传来的驱动力由辊 4 接受,使阀门 9 克服弹簧 10 的施力运动。

图 4 是表示本发明实施形态 1 的又一摇臂用滚动轴承的使用状态的概略主视图。图 5 是包含图 4 的摇臂用滚动轴承在内的部分的放大图。

如图 4 及图 5 所示,摇臂 1 具有摇臂本体 11 和传递来自凸轮 6 的应力的连动杆 16。在摇臂本体 11 的一方端部 11b 与另一方端部 11a 之间、即在摇臂本体 11 的中央部配置有摇臂轴(旋转轴)5,摇臂本体 11 在其周围转动。摇臂本体 11 的一方端部 11b 与阀门 9 的上端部 9a 抵接,阀门 9 被弹簧 10 的弹力施力。另外,摇臂本体 11 的另一方端部 11a 与连动杆 16 的上端部 16b 抵接。在摇臂本体 11 的另一方端部 11a 上安装有调整螺钉 7。调整螺钉 7 具有调节摇臂本体 11 与连动杆 16 的抵接位置的功能。在位于连动杆 16 下端部的中空的轴承安装部 16a 上通过安装构件 17 安装有摇臂用滚动轴承 50 的辊轴 2。凸轮 6 与摇臂用滚动轴承 50 的辊 4 抵接,将驱动力传递给连动杆 16。

滚动轴承 50 包括相当于内圈的辊轴 2、作为滚动体的滚子 3 及相当于外圈的辊 4。辊轴 2 具有中空的圆筒形状。该辊轴 2 的两端通过铆接加工固定在

安装构件 17 上。在该辊轴 2 的外周径中央部通过滚子 3 自由旋转地支撑有辊 4。滚子 3 的轴线方向与辊轴 2 的轴线平行地配置。

辊 4 的外径面因弹簧 10 的施力而与凸轮 6 的凸轮面抵接，凸轮 6 与滚动轴承 50 的辊 4 抵接，将驱动力传递给连动杆 16。利用该连动杆 16 将具有凸轮 6 的凸轮轴的驱动力传递给摇臂 1。

在图 1~图 5 中，对一方与另一方之间不作特殊区别，只是在说明的顺序上将较早说明的端部称为一方端部。

在构成上述摇臂用滚动轴承 50 的构件中，对滚子 3、辊轴 2 及作为外圈的辊 4 中的至少一个构件实施后述的低温二次淬火法的热处理，从而成为微细奥氏体晶粒。结果是，上述图 1~图 5 中的作为内圈的辊轴 2、作为滚动体的滚子 3 及作为外圈的辊 4 中的至少一个构件具有富氮层，对其表层部实施高频淬火，成为奥氏体结晶粒度在 11 级以上（基于 JIS 规格）的超微细状态，且硬度在 HV653 以上。

另外，在构成上述引擎的摇臂用轴承的构件中，对滚子 3、辊轴 2 及辊 4 中的至少一个构件实施后述的低温二次淬火法的热处理，从而奥氏体结晶粒的粒度等级在超过 10 级的范围内，且富氮层的残留奥氏体量在磨削后的滚动面的表层部中占 11 体积%~25 体积%。

另外，在构成上述摇臂用滚动轴承 50 的构件中，辊 4、辊轴 2 及滚子 3 全部具有富氮层。另外，对辊轴 2 及滚子 3 中的至少一个构件实施后述的低温二次淬火法的热处理，从而辊轴 2 及滚子 3 中的至少一个构件的富氮层的奥氏体结晶粒的粒度等级在超过 10 级的范围内，且残留奥氏体量在 11 体积%以上且 25 体积%以下，含氮量在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下。

另外，在构成上述摇臂用滚动轴承 50 的构件中，对滚子 3、辊轴 2 及作为外圈的辊 4 中的至少一个构件实施后述的低温二次淬火法的热处理，从而奥氏体结晶粒的粒度等级在超过 10 级的范围内，且球状碳化物的面积率在 10% 以上。

下面对这些滚动轴承的外圈（辊 4）、内圈（辊轴 2）及滚动体（滚子 3）中的至少一个轴承部件所进行的包含渗碳氮化处理在内的热处理进行说明。图

6 是说明本发明实施形态 1 的热处理方法的图。图 7 是说明本发明实施形态 1 的热处理方法的变形例的图。图 6 是表示进行一次淬火及二次淬火的方法的热处理曲线，图 7 是表示在淬火途中将材料冷却到不到 A_1 相变点的温度、然后重新加热而进行最终淬火的方法的热处理曲线。两者都是本发明的实施形态例。在这些图的处理 T_1 中，使碳和氮扩散到钢的基体中，且在碳的溶解充分进行后，冷却到不到 A_1 相变点的温度。接着，在图中的处理 T_2 中，重新加热到比处理 T_1 低的温度，之后实施油淬火。

与进行普通淬火、即在渗碳氮化处理后直接进行一次淬火的情况相比，上述处理可对表层部分进行渗碳氮化，且可提高断裂强度，减小时效尺寸变化率。如上所述，采用上述热处理方法，可得到奥氏体结晶粒的粒径在以往的二分之一以下的显微组织。进行了上述热处理的轴承部件可得到长寿命的滚动疲劳特性，且可提高断裂强度，减小时效尺寸变化率。

图 8 是表示轴承部件的显微组织、尤其是奥氏体晶粒的图。图 8 (a) 是本发明例的轴承部件，图 8 (b) 是以往的轴承部件。即，图 8 (a) 表示应用了上述图 6 所示热处理曲线的轴承钢的奥氏体结晶粒度。另外，为了进行比较，图 8 (b) 表示采用了以往热处理方法的轴承钢的奥氏体结晶粒度。图 9 (a) 及图 9 (b) 分别是表示图解上述图 8 (a) 及图 8 (b) 后的奥氏体晶界的图。通过这些表示奥氏体结晶粒度的组织可知，以 JIS 规格的粒度等级来说，以往的奥氏体粒径为 10 级以下的等级，采用本发明的热处理方法则可得到 12 级的细粒。用切片法测定的图 8 (a) 的平均粒径为 $5.6 \mu\text{m}$ 。

(实施形态 2)

如图 1~图 5 所示，本实施形态的摇臂用滚动轴承 50 的内圈 2 由含有 0.50 质量%以上的碳的钢构成，具有中空的圆筒形状，端面具有 HV200 以上且 HV300 以下的硬度。如图 11 (a)、(b) 所示，各滚动轴承 50 的内圈 2 在从滚子（转动体）3 滚动的内圈 2 的滚动面表面到内径面 2c 的整个径向上具有硬化层。这种硬化层最好形成在内圈 2 的整个圆周方向上。

作为该硬化层的图案，在日本专利特开 2000-38906 号公报中，如图 10 所示，仅内圈 2 的外径面 2b 的滚动面表层部为硬化层 2a，内径面 2c 的表层部

及端面 2d 的表层部为未硬化层。采用该硬化层 2a 的图案时，若轴承受载荷，则与全部为硬化层 2a 的内圈 2 相比，混合有硬化层 2a 和未硬化层的内圈 2 的强度小、容易变形，因此，在内径面 2c 的中央部产生大的拉伸应力。并且，在反复施加载荷时，由于内径面 2c 的表层部是未硬化层，与硬化层 2a 相比疲劳强度小，因此，很多时候会因小的拉伸应力的作用而产生裂缝，导致内圈破损。

另一方面，如图 11 (a)、(b) 所示，在本实施形态的硬化层 2a 的图案中，从内圈 2 的外径面 2b 的滚动面表层部到内径面 2c 的整个径向上都是硬化层 2a，未硬化层的部分仅在端面 2d 的表层部附近。采用该硬化层 2a 的图案时，与图 10 所示的内圈 2 相比，由于硬化层 2a 的区域多，故强度大、不易变形。即使在反复施加载荷时，由于内径面 2c 的中央部是硬化层 2a，疲劳强度大，因此，可防止产生裂缝，导致内圈 2 破损的可能性低。

与图 11 (a) 相比，在图 11 (b) 的硬化层图案中，内径面 2c 中的硬化层 2a 的区域大，对强度较为有利。另外，对于反复施加载荷时产生的拉伸应力，可在内径面 2c 的大区域内防止产生裂缝，从而与仅在内径面 2c 的中央部防止产生裂缝的情况相比，在因摇臂 1 的不稳定动作而受到偏心载荷时也较为有利。

硬化层 2a 的硬度在 HV653 以上，内圈 2 的包含端面 2d 在内的未硬化层的硬度在 HV200 以上且 HV300 以下。在硬化层 2a 与未硬化层之间存在中间层（硬度在 HV300 以上且 HV653 以下）。

最好是内圈 2 在表层部具有富氮层，对其表层部实施高频淬火，成为奥氏体结晶粒度超过 10 级（基于 JIS 规格）的超微细状态。

内圈 2 的滚动面的表面硬度在 HV653 以上。由于对内圈 2 的表层部实施了高频淬火，故最好残留奥氏体量占 11 体积%以上且 40 体积%以下。另外，富氮层中的含氮量最好在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下。这些残留奥氏体量和含氮量是磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。结果是，在表层部不易产生表面损伤和内部起点型剥离，另一方面，在其他部位由于硬度较低故容易进行铆接加工。因此，虽未图示，但对辊轴的两端进行铆接加工，在辊轴支撑部的倒角部形成有铆接加工固定部。

下面对这些滚动轴承 50 的内圈 2 所进行的包含渗碳氮化处理在内的热处理进行说明。

图 12 是说明本发明实施形态 2 的热处理方法的图。图 13 是说明本发明实施形态 2 的另一热处理方法的图。图 12 是在 A1 点以上进行渗碳氮化处理后、直接慢冷却的热处理曲线，图 13 是在 A1 点以上进行渗碳氮化处理后急冷、然后在不到 A1 点的温度下进行调质处理即回火处理的热处理曲线。图 12 的热处理曲线中的慢冷却处理或图 13 中的调质处理互相对应，以使表层部以外的部分的硬度降低。图 12 及图 13 的热处理曲线都是在之后对具有滚动面的表层部实施高频淬火，然后实施低温回火。

下面对图 12 及图 13 的各处理如何生成显微组织进行说明。首先，在图 12 及图 13 的加热曲线中，均对由含有 0.50 质量%以上的碳的钢构成的中空圆筒形状的钢材例如在 A1 点以上进行渗碳氮化处理。在该渗碳氮化处理中，在滚动轴承的对象构件（内圈）上形成有富氮层。在该富氮层中，相对于铁原子 Fe 为进入型元素的 C、N 过共析地进入，例如在奥氏体中析出碳化物（两相共存）。即，在富氮层形成过共析钢。另外，在不进行渗碳氮化处理的内部，由于是作为原材料的原始钢材的组成，从而为奥氏体相。另外，也可在作为原材料的钢材处于铁素体和奥氏体这两相或奥氏体和渗碳体这两相共存的状态的温度下进行渗碳氮化处理。

接着，在进行冷却时，在图 12 的加热曲线（称为加热曲线 H1）中，从渗碳氮化处理温度开始慢冷却。该慢冷却的目的在于使组织软化、提高加工性。在该慢冷却中，内部从上述奥氏体生成由铁素体和渗碳体构成的珠光体，但由于不使珠光体中的渗碳体层状化而是使其凝聚粗大化，从而可促进软化。因此，慢冷却的温度区域可以到渗碳氮化处理温度～（A1 点-100℃）左右。即使慢冷却到比该温度低的温度，也不能实现渗碳体的凝聚粗大化，只是浪费时间、降低效率。作为标准可以到 620℃左右。然后，为了缩短时间，可以进行空冷，也可以进行水冷或油冷。

在富氮层中，从碳化物+奥氏体的奥氏体生成珠光体，其中的碳化物凝聚粗大化。

在图 13 的加热曲线（称为加热曲线 H2）中，从渗碳氮化处理温度开始例如通过油冷等进行淬火。此时，内部通过初始的钢材组成从奥氏体生成马氏体等。该马氏体组织较硬。在此状态下，由于铆接加工困难，故进行上述回火处理（调质处理）。回火处理在 A1 点以下且尽量接近 A1 点的温度下迅速地进行。即，进行高温回火。因此，回火可以在 A1 点~650℃范围内、更好为 A1 点~680℃范围内进行。通过该回火，马氏体组织中较高的位错密度消失，得到位错密度较低的铁素体和凝聚粗大化后的渗碳体的组织。

另外，在渗碳氮化层中，通过油冷等淬火从（碳化物+奥氏体）的奥氏体生成马氏体。马氏体通过上述的回火，与内部生成的马氏体同样地被软化。初始具有的碳化物产生凝聚。

在上述的显微组织的说明中，为了便于理解，如上所述，忽视了氮和较为复杂的实际显微组织中的次要因素。

接着，在加热曲线 H1 及 H2 中都进行高频淬火。在该高频淬火前的阶段，富氮层是混合有凝聚的碳化物（比例较大）和铁素体的组织。在高频淬火中被迅速加热，此时，碳化物一边固溶一边成核产生奥氏体。由于分散的碳化物的密度非常高，故奥氏体成核密度非常高，产生的奥氏体互相汇合形成的奥氏体组织的结晶粒是超微细状态。另外，由于富氮层是过共析钢，故碳化物共存，只因该碳化物的出现从而阻止超微细的奥氏体晶粒的成长。因此，在富氮层中，可得到超微细的奥氏体晶粒。随着迅速加热的温度升高，碳化物固溶，大量的碳固溶到超微细奥氏体中。

接着，当在迅速加热后进行淬火时，超微细奥氏体相变成马氏体。此时，由于大量固溶有碳，奥氏体比较稳定，故在马氏体间的微细区域残留有未相变的奥氏体。这就是残留奥氏体。该残留奥氏体形成在马氏体之间，故非常微细。以体积率来说，残留奥氏体占 11~40 体积%。

然后，在 180℃左右进行硬度不太下降的回火。在该 180℃左右的回火中，维持在高密度的位错几乎不消失的状态。该回火是为了使组织稳定化而进行的。在该回火中，不产生渗碳体的凝聚，也几乎不产生软化。根据钢材不同也可以省去该回火。

含有上述残留奥氏体的高频淬火组织比较强韧,即使在严酷的使用条件下也可实现长寿命。

通过进行上述热处理,可使表层部的奥氏体粒度成为 11 级以上(超过 10 级的范围)的超细微粒,且可使内部的显微组织成为铁素体和碳化物的混合组织。另外,可使表层部的硬度在 HV635 以上,使残留奥氏体占 11~40 体积%。另外,如图 11(a)或图 11(b)所示,可将硬化层(硬度在 HV635 以上)形成在从内圈的滚动面表面到内径面的整个径向上。

另一方面,可使硬化层以外的未硬化层的部分(包括内圈的端面)的硬度在 HV200 以上且 HV300 以下。因此,进行了上述热处理的内圈具有长寿命的滚动疲劳特性,且容易进行铆接加工。

另外,可使富氮层中的含氮量在 0.1 质量%以上且 0.7 质量%以下,使富氮层中的球状碳化物的面积率在 10%以上。

下面对图 12 及图 13 所示的加热曲线 H1、H2 中的各个具体条件进行说明。

图 14 是对图 12 的加热曲线 H1 附加了具体条件的图,图 15 是对图 13 的加热曲线 H2 附加了具体条件的图。如图 14 所示,渗碳氮化处理例如在 850℃×90 分钟的条件下进行。渗碳氮化处理后的慢冷却例如通过从渗碳氮化处理温度炉冷到 650℃后、从 650℃炉冷到 500℃、然后进行空冷来进行。高频淬火例如通过迅速加热到 800~1000℃的温度后进行水冷来进行。回火例如在 180℃×120 分钟的条件下进行,然后进行空冷。

如图 15 所示,渗碳氮化处理例如在 850℃×90 分钟的条件下进行。在渗碳氮化处理后例如通过油冷冷却到 100℃。回火处理(调质处理)例如在 700℃×120 分钟的条件下进行,然后进行空冷。高频淬火例如通过迅速加热到 800~1000℃的温度后进行水冷来进行。回火例如在 180℃×120 分钟的条件下进行,然后进行空冷。

下面对本发明的实施例进行说明。

(实施例 1)

使用 JIS 规格 SUJ2 制作了滚动疲劳试验用的摇臂用滚动轴承。轴承是在摇臂上使用的满装滚子型的滚针轴承。内圈的尺寸为外径 $\phi 14.64\text{mm}$ ×宽

L17.3mm，外圈的尺寸为内径 $\phi 18.64\text{mm}$ ×外径 $\phi 24\text{mm}$ ×宽L6.9mm。滚子的尺寸为外径 $\phi 2\text{mm}$ ×长L6.8mm，使用26根滚子。另外，构成为不使用保持器的满装滚子型。该轴承的基本动态额定载荷为8.6kN，基本静态额定载荷为12.9kN。

各试验轴承的制造过程如下所述。

试验轴承 No. 1~No. 3（本发明实施例）：在渗碳氮化处理温度为850℃、持续时间为150分钟的环境下进行渗碳氮化处理。渗碳氮化处理在RX气体与氨气的混合气体的环境中进行。此时，对应于各个试验轴承 No. 1~No. 3，分别变更RX气体与氨气的混合比后进行渗碳氮化处理。然后，根据图6所示的热处理曲线，从850℃的渗碳氮化处理温度开始进行一次淬火，接着以低于渗碳氮化处理温度的800℃加热20分钟进行二次淬火，然后以180℃进行90分钟回火。

试验轴承 No. 4：进行标准热处理。即，在RX气体环境中，以840℃的加热温度、20分钟的持续时间进行加热后，进行淬火，然后以180℃进行90分钟回火。

试验轴承 No. 5、6：在渗碳氮化处理温度为850℃、持续时间为150分钟的环境下进行渗碳氮化处理。渗碳氮化处理在RX气体与氨气的混合气体的环境中进行。此时，对应于各个试验轴承 No. 5、No. 6，分别变更RX气体与氨气的混合比后进行渗碳氮化处理。然后，从850℃开始进行淬火，接着以180℃进行90分钟回火。

表1表示用上述制造方法制作的试验轴承 No. 1~No. 6的内圈的材质调查结果及功能评价试验结果。

表 1:

No.	奥氏体结晶粒 度 (JIS)	残留奥氏体量 (体积%)	含氮量 (质量%)	表面硬度 (HV)	球状碳化物 的面积率 (%)	滚动疲劳 寿命比	断裂强 度比	断裂疲劳 强度比	备注
1	12	12	0.12	780	13.6	3.2	1.1	1.2	本发明 实施例 1
2	12	20	0.28	770	13.0	3.5	1.1	1.2	本发明 实施例 2
3	11	24	0.62	730	11.4	3.3	1.1	1.3	本发明 实施例 3
4	9	8	0	740	7.9	1	1	1	比较例 1
5	8	29	0.31	760	9.6	1.9	0.8	1.2	比较例 2
6	8	36	0.70	650	8.8	1.2	0.8	1.3	比较例 3

下面对材质调查方法及功能评价试验方法进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度：奥氏体结晶粒度的测定基于 JIS G 0551 中钢的奥氏体结晶粒度试验方法进行。

(2) 残留奥氏体量：残留奥氏体量的测定通过比较 X 射线衍射时马氏体 α (211) 与残留奥氏体 γ (220) 的衍射强度来进行。残留奥氏体量采用磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。

(3) 含氮量：含氮量的测定使用 EPMA 进行。含氮量采用磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。

(4) 表面硬度：表面硬度的测定使用维氏硬度计 (1kgf) 来进行。

(5) 球状碳化物的面积率：球状碳化物的面积率通过使用苦味酸醇溶液 (苦味醇液) 进行腐蚀后、用光学显微镜 (400 倍) 观察来测定。球状碳化物的面积率采用磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。

(6) 滚动疲劳寿命试验：滚动疲劳寿命试验装置如图 16 所示，试验条件如表 2 所示。该试验装置是外圈旋转型的试验装置。如图 16 所示，在装在试验机上的辊轴 52 与辊 54 之间可滚动地配置有多个针状滚子 53，使该辊 54 在由构件 55、56 施加径向载荷的情况下以规定速度旋转，由此进行滚动疲劳试验。

表 2:

轴承的滚动寿命试验条件

试验机	外圈旋转型寿命试验机
试验片	摇臂轴承组件
载荷 (N)	2580N (0.3C)
外圈旋转速度	7000rpm
润滑	引擎润滑油 10W-30
油温	100℃
寿命	剥离寿命

(7) 静态断裂强度试验：使用试验轴承的外圈，以单体的形态用阿姆斯

拉试验机施加载荷，进行静态断裂强度试验。

(8) 断裂疲劳强度试验：使用试验轴承的外圈，在表 3 所示的试验条件下进行断裂疲劳强度试验。

表 3:

环状物断裂疲劳试验条件

试验机	油压伺服型励振机
试验片	$\phi 18.64 \times \phi 24 \times L6.9$
载荷 (N)	在 3000~5000 之间进行各种变化
负载频率 (Hz)	20~50 (根据载荷变化)
评价	S/N 线图中的 10^5 次强度

对于 (6) 滚动疲劳寿命试验、(7) 静态断裂强度试验及 (8) 断裂疲劳强度试验的结果，将标准热处理产品 No. 4 设为 1，将各试验轴承的结果以比率的形态表示。

下面对表 1 所示的试验结果进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度：本发明产品 No. 1~No. 3 的结晶粒度等级为 11~12，被显著地微细化。标准热处理产品及以往的渗碳氮化处理产品 No. 4~No. 6 的结晶粒度等级为 8~9，是比本发明产品粗大的奥氏体结晶粒。

(2) 残留奥氏体量：本发明产品 No. 1~No. 3 为 12~24%，存在适度的奥氏体。标准热处理产品 No. 4 为 8%，比本发明产品少。以往的渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 为 29~36%，比本发明产品多。本发明产品的奥氏体量是处于标准热处理产品与以往的渗碳氮化处理产品之间的残留奥氏体量。

(3) 含氮量：本发明产品 No. 1~No. 3 为 0.12~0.62%。标准热处理产品 No. 4 由于不进行渗碳氮化处理，故含氮量为 0%。以往的渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 为 0.31~0.70%。与以往的渗碳氮化处理产品相比，本发明产品的含氮量稍低。可以认为这是由于本发明产品在以往的渗碳氮化处理后以低于渗碳氮化处理温度的 800℃进行二次淬火的缘故。

(4) 表面硬度：本发明产品 No. 1~No. 3 为 HV730~780。标准热处理产

品 No. 4 为 HV740。以往的渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 分别为 HV760、HV650，对于 No. 6 是由于残留奥氏体量过多而没有表现出硬度。

(5) 球状碳化物的面积率：本发明产品 No. 1~No. 3 为 11.4~13.6%。标准热处理产品及以往的渗碳氮化处理产品 No. 4~No. 6 为 7.9~9.6%。与标准热处理产品及以往的渗碳氮化处理产品相比，本发明产品的球状碳化物的面积率大，并被微细化，量也多。可以认为这是由于本发明产品在以往的渗碳氮化处理以低于渗碳氮化处理温度的 800℃ 进行二次淬火的缘故。

(6) 滚动疲劳寿命试验：与标准热处理产品 No. 4 相比，本发明产品 No. 1~No. 3 具有 3 倍以上的滚动疲劳寿命，即便与以往的渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 相比，本发明产品 No. 1~No. 3 也具有 1.5 倍以上的滚动疲劳寿命。另外，与标准热处理产品 No. 4 相比，渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 具有不到 2 倍的滚动疲劳寿命。

(7) 静态断裂强度试验：本发明产品 No. 1~No. 3 与标准热处理产品 No. 4 相比基本相同或稍有改善。另外，与标准热处理产品 No. 4 相比，渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 的静态断裂强度下降。可以认为这是由于表层部的富氮层和奥氏体结晶粒的粗大化引起的。

(8) 断裂疲劳强度试验：与标准热处理产品 No. 4 相比，本发明产品 No. 1~No. 3 改善了 20% 以上。另外，与标准热处理产品 No. 4 相比，渗碳氮化处理产品 No. 5、No. 6 也改善了 20% 以上。可以认为这是由于氮向表面进入而在表层部形成压缩残留应力的缘故。

综上所述，本发明产品 No. 1~No. 3 在表层部具有富氮层，奥氏体结晶被微细化成粒度等级在 11 级以上，并具有适量的残留奥氏体量，具有适度的表面硬度，球状碳化物的面积率高，因此，可改善通常的依赖载荷型的滚动疲劳寿命、断裂疲劳强度。

(实施例 2)

使用 JIS 规格 SUJ2 制作了剥落、擦伤试验片。试验片的尺寸为外径 $\phi 40\text{mm}$ \times 宽 L12mm。各试验轴承的制造过程如下所述。

试验轴承 No. 1 (本发明实施例 1)：在渗碳氮化处理温度为 850℃、持续

时间为 150 分钟的环境下进行渗碳氮化处理。渗碳氮化处理在 RX 气体与氨气的混合气体的环境中进行。然后，根据图 6 所示的热处理曲线，从 850℃的渗碳氮化处理温度开始进行一次淬火，接着以低于渗碳氮化处理温度的 800℃加热 20 分钟进行二次淬火，然后以 180℃进行 90 分钟回火。

试验轴承 No. 2（比较例 1）：进行标准热处理。即，在 RX 气体环境中，以 840℃的加热温度、20 分钟的持续时间进行加热后，进行淬火，然后以 180℃进行 90 分钟回火。

试验轴承 No. 3（比较例 2）：在渗碳氮化处理温度为 850℃、持续时间为 150 分钟的环境下进行渗碳氮化处理。渗碳氮化处理在 RX 气体与氨气的混合气体的环境中进行。然后，从 850℃开始进行淬火，接着以 180℃进行 90 分钟回火。

表 4 表示用上述制造方法制作的试验片 No. 1~No. 3 的材质调查结果、剥落试验结果及擦伤试验结果。

表 4:

No.	奥氏体结晶粒 度 (JIS)	残留奥氏体量 (%)	含氮量 (%)	表面硬度 (HV)	球状碳化物 的面积率 (%)	剥落强度比	擦伤强度比	备注
1	12	21	0.30	770	13.0	1.8	1.7	实施例 1
2	9	7	0	740	7.8	1	1	比较例 1
3	8	29	0.31	760	9.5	1.4	1.5	比较例 2

下面对剥落试验方法及擦伤试验方法进行说明。对于材质调查结果以与实施例 1 相同的方法进行。

(1) 剥落试验：在表 5 所示的试验条件下，将表面粗糙度较粗糙的 JIS 规格 SUJ2 的标准热处理产品为对象试验片，在使试验片与对象试验片滚动接触时，测定在试验片上产生的剥落（微细剥离的集合体）的面积率，得到剥落强度。对于剥落强度比，将标准热处理产品 No. 2 设为 1，将各试验轴承的结果以比率的倒数表示。

表 5:

剥落试验条件

试验机	双圆筒型试验机
试验片	Φ 40 直线 表面粗糙度 (Rt) 0.2 μm
对象试验片	Φ 40×R60 表面粗糙度 (Rt) 3.0 μm (SUJ2 制)
接触面压力	Pmax 2.3Gpa
润滑油	涡轮机油 VG46
对象试验片旋转速度	2000rpm (实验片从动滚动)
总载荷次数	4.8×10 ⁵ 次

(2) 擦伤试验：在表 6 所示的试验条件下，以试验片和对象试验片都为同一材质的组合的形态，使试验片相互间滚动接触，在仅使试验片的转速以一定比例增速时，将发出的声音比某一值大的瞬间的试验片相互间的相对旋转速度设为擦伤强度。对于擦伤强度比，将标准热处理产品 No. 2 设为 1，将各试验轴承的结果以比率的形态表示。

表 6:
擦伤试验条件

试验机	双圆筒型试验机
试验片	$\phi 40 \times R60$ 表面粗糙度 (Rt) $3.0 \mu m$
对象试验片	$\phi 40 \times R60$ 表面粗糙度 (Rt) $3.0 \mu m$
接触面压力	$P_{max} 2.1GPa$
润滑油	涡轮机油 VG46
对象试验片旋转速度	从 200rpm 开始每 30 秒增加 100rpm
试验片旋转速度	200rpm

下面对表 4 所示的试验结果进行说明。

(1) 剥落试验: 与标准热处理产品 No. 2 相比, 本发明产品 No. 1 具有 1.5 倍以上的剥落强度, 与渗碳氮化处理产品 No. 3 相比基本相同或稍有改善。可以认为这是由于在表层部具有富氮层, 奥氏体结晶被微细化成粒度等级在 11 级以上, 并具有适量的残留奥氏体量, 具有适度的表面硬度, 球状碳化物的面积率高, 因此, 韧性提高, 对抗龟裂的产生及发展的抵抗力提高。

(2) 擦伤试验: 与标准热处理产品 No. 2 相比, 本发明产品 No. 1 具有 1.5 倍以上的擦伤强度, 与渗碳氮化处理产品 No. 3 相比基本相同或稍有改善。可以认为这是由于在表层部具有富氮层, 奥氏体结晶被微细化成粒度等级在 11 级以上, 并具有适量的残留奥氏体量, 具有适度的表面硬度, 球状碳化物的面积率高, 因此, 可抑制表层在大的滑移条件下产生塑性流动, 提高耐烧结性。

综上所述, 在剥落试验和擦伤试验中, 本发明产品 No. 1 都比以往的轴承材质好。另外, 还可改善润滑条件差而在滚子彼此间产生干扰、或不能顺利地控制滚子位置而产生滚子的歪斜所引起的表面损伤寿命。

本发明产品在表层部具有富氮层, 奥氏体结晶被微细化成粒度等级在 11 级以上, 并具有适量的残留奥氏体量, 具有适度的表面硬度, 球状碳化物的面积率高, 因此, 对抗龟裂的产生及发展的抵抗力非常大, 可抑制滑移时产生的表面发热和切向力所导致的表面龟裂的产生。

(实施例3)

使用 JIS 规格 SUJ2 材料 (1.0 重量%的 C—0.25 重量%的 Si—0.4 重量%的 Mn—1.5 重量%的 Cr) 来进行 (1) 氢量的测定、(2) 结晶粒度的测定、(3) 摆锤式冲击试验、(4) 破坏应力值的测定、(5) 滚动疲劳试验。其结果表示在表 7 中。

表 7:

试料	A	B	C	D	E	F	以往渗碳氮化处理产品	普通淬火产品
二次淬火温度 (°C)	780 ¹⁾	800	815	830	850	870	-	-
氢量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
结晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
摆锤式冲击值 (J/cm ²)	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破坏应力值 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
滚动疲劳寿命比 (L ₁₀)	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 这次因淬火不足而不能评价

各试料的制造过程如下所述。

试料 A~D (本发明例): 渗碳氮化处理的温度为 850°C、持续时间为 150 分钟。环境为 RX 气体与氨气的混合气体。根据图 6 所示的热处理曲线, 从 850°C 的渗碳氮化处理温度开始进行一次淬火, 接着加热到低于渗碳氮化处理温度的 780°C~830°C 温度区域进行二次淬火。不过, 二次淬火温度为 780°C 的试料 A 因淬火不足而没有作为试验对象。

试料 E、F（比较例）：渗碳氮化处理以与本发明例 A~D 相同的过程进行，二次淬火在 850℃ 的渗碳氮化处理温度以上的 850℃~870℃ 的温度下进行。

以往的渗碳氮化处理产品（比较例）：渗碳氮化处理的温度为 850℃、持续时间为 150 分钟。环境为 RX 气体与氨气的混合气体。从渗碳氮化处理温度开始直接进行淬火，不进行二次淬火。

普通淬火产品（比较例）：不进行渗碳氮化处理，加热到 850℃ 后进行淬火。不进行二次淬火。

下面对试验方法进行说明。

（1）氢量的测定

对于氢量，利用 LECO 公司生产的 DH-103 型氢分析装置对钢中的非扩散性氢量进行分析。不测定扩散性氢量。该 LECO 公司生产的 DH-103 型氢分析装置的规格如下所述。

分析范围：0.01~50.00ppm

分析精度：±0.1ppm 或 ±3%H（两者中的大者）

分析灵敏度：0.01ppm

检测方式：热导率法

试料重量尺寸：10mg~35mg（最大：直径 12mm×长度 100mm）

加热炉温度范围：50℃~1100℃

试剂：无水高氯酸镁 $Mg(ClO_4)_2$ 、烧碱石棉 NaOH

运输气体为氮气，气体定量给料气体（日文：ガスドージングガス）为氢气，各气体均是纯度在 99.99% 以上，压力为 40psi（2.8kgf/cm²）。

测定步骤的概要如下所述。将使用专用的取样器采取的试料对应各取样器地插入到上述的氢分析装置中。内部的扩散性氢通过氮输运气体向热导率检测器导入。该扩散性氢在本实施例中不测定。接着，从取样器中取出试料，在电阻加热炉内加热，将非扩散性氢通过氮输运气体导入热导率检测器内。在热导率检测器中测定热导率，从而求得非扩散性氢量。

（2）结晶粒度的测定

结晶粒度的测定基于 JIS G 0551 的钢的奥氏体结晶粒度试验方法进行。

(3) 摆锤式冲击试验

摆锤式冲击试验基于 JIS Z 2242 的金属材料的摆锤式冲击试验方法进行。试验片使用 JIS Z 2202 所示的 U 字形缺口试验片（JIS3 号试验片）。

(4) 破坏应力值的测定

图 17 是表示静压破坏强度试验（破坏应力值的测定）的试验片的图。沿图中的 P 方向施加载荷，测定至破坏为止的载荷。然后，将得到的破坏载荷通过下述的弯曲梁的应力计算式换算成应力值。另外，试验片并不限于图 17 所示的试验片，也可使用其他形状的试验片。

将图 17 的试验片的凸表面的纤维应力设为 σ_1 ，将凹表面的纤维应力设为 σ_2 ，则 σ_1 及 σ_2 通过下式求得（机械工学便覧 A4 編材料力学 A4-40）。在此，N 表示包含圆环状试验片的轴在内的截面的轴力，A 表示横截面积， e_1 表示外半径， e_2 表示内半径。另外， κ 是弯曲梁的截面系数。

$$\sigma_1 = (N/A) + \{M/(A\rho_0)\}[1 + e_1/\{\kappa(\rho_0 + e_1)\}]$$

$$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(A\rho_0)\}[1 - e_2/\{\kappa(\rho_0 - e_2)\}]$$

$$\kappa = -(1/A) \int_A \{\eta/(\rho_0 + \eta)\} dA$$

(5) 滚动疲劳寿命

滚动疲劳寿命试验的试验条件如表 8 所示。另外，图 18 是滚动疲劳寿命试验机的概略图。图 18 (a) 是主视图，图 18 (b) 是侧视图。如图 18 (a) 及图 18 (b) 所示，滚动疲劳寿命试验片 121 由驱动滚筒 111 驱动，与滚珠 113 接触地旋转。滚珠 113 是 3/4 英寸的滚珠，由引导滚筒 112 引导，在与滚动疲劳寿命试验片 121 之间一边施加高的表面压力一边滚动。

表 8:

试验片	φ 12×L22 圆筒试验片
试验数	10 个
对象钢球	3/4 英寸 (19.05mm)
接触面压力	5.88GPa
负载速度	46240cpm
润滑油	涡轮机油 VG68 强制循环供油

下面对表 7 所示的试验结果进行说明。

(1) 氢量

只进行了渗碳氮化处理的以往的渗碳氮化处理产品为 0.72ppm 这样的非常高的值。可以认为这是由于渗碳氮化处理的环境中含有的氨 (NH₃) 分解而氢进入到钢中的缘故。然而, 试料 B~D 的氢量为 0.37~0.40ppm, 减少一半左右。该氢量与普通淬火产品基本相同。

由于上述的氢量减少, 可减轻氢的固溶所引起的钢的脆化。即, 由于氢量的减少, 本发明例的试料 B~D 的摆锤式冲击值得到很大的改善。

(2) 结晶粒度

对于结晶粒度, 当二次淬火温度比渗碳氮化处理时淬火 (一次淬火) 的温度低时、即为试料 B~D 时, 奥氏体晶粒的结晶粒度等级为 11~12, 被显著地微细化。试料 E、F、以往的渗碳氮化处理产品及普通淬火产品的奥氏体晶粒的结晶粒度等级为 10, 是比本发明例的试料 B~D 粗大的结晶粒。

(3) 摆锤式冲击试验

根据表 7, 以往的渗碳氮化处理产品的摆锤式冲击值为 5.33J/cm², 而本发明例的试料 B~D 的摆锤式冲击值为 6.30~6.65J/cm², 是比较高的值。其中, 也表现出二次淬火温度低则摆锤式冲击值高的倾向。普通淬火产品的摆锤式冲击值为 6.70J/cm²。

(4) 破坏应力值的测定

上述破坏应力值相当于耐断裂强度。根据表 7, 以往的渗碳氮化处理产品

的破坏应力值为 2330MPa。与以往的渗碳氮化处理产品相比，试料 B~D 的破坏应力值为 2650~2840Mpa，是得到改善的值。普通淬火产品的破坏应力值为 2770Mpa，可以推定为：试料 B~D 的得到改良的耐断裂强度以及奥氏体结晶粒的微细化主要是由于含氢率的降低所引起的。

(5) 滚动疲劳试验

根据表 7，普通淬火产品由于表层部不具有富氮层，从而滚动疲劳寿命 L_{10} 最低。以往的渗碳氮化处理产品的滚动疲劳寿命是普通淬火产品的 3.1 倍。试料 B~D 的滚动疲劳寿命比以往的渗碳氮化处理产品大幅提高。本发明的试料 E、F 与以往的渗碳氮化处理产品基本相同。

综上所述，本发明例的试料 B~D 的含氢率下降，奥氏体结晶粒度被微细化成在 11 级以上，摆锤式冲击值、耐断裂强度及滚动疲劳寿命也得到改善。

(实施例 4)

下面对实施例 4 进行说明。对下述的 X 材料、Y 材料及 Z 材料进行一系列的试验。热处理用原材料使用 JIS 规格 SUJ2 材料（1.0 重量%的 C—0.25 重量%的 Si—0.4 重量%的 Mn—1.5 重量%的 Cr），X 材料~Z 材料相同。X 材料~Z 材料的制造过程如下所述。

(X 材料：比较例)：仅进行普通淬火（不进行渗碳氮化处理）

(Y 材料：比较例)：在渗碳氮化处理后直接进行淬火（以往的渗碳氮化淬火）。渗碳氮化处理的温度为 845℃，持续时间为 150 分钟。渗碳氮化处理的环境为 RX 气体+氨气。

(Z 材料：本发明例)：实施了图 6 的热处理曲线的轴承钢。渗碳氮化处理的温度为 845℃，持续时间为 150 分钟。渗碳氮化处理的环境为 RX 气体+氨气。最终淬火温度为 800℃。

(1) 滚动疲劳寿命

如上所述，滚动疲劳寿命试验的试验条件及试验装置如表 8 及图 16 所示。该滚动疲劳寿命试验结果如表 9 所示。

表 9:

材质	寿命 (负载次数)		L ₁₀ 之比
	L ₁₀ (×10 ⁴ 次)	L ₁₀ (×10 ⁴ 次)	
X 材料	8017	18648	1.0
Y 材料	24656	33974	3.1
Z 材料	43244	69031	5.4

根据表 9, 比较例的 Y 材料的 L₁₀ 寿命 (10 个试验片中的一个破损的寿命) 是同样为比较例的只实施了普通淬火的 X 材料的 3.1 倍, 从而可知渗碳氮化处理起到了延长寿命的效果。然而, 本发明例的 Z 材料是 Y 材料的 1.74 倍, 是 X 材料的 5.4 倍, 表现出长寿命。可以认为该改良的主因是显微组织的微细化。

(2) 摆锤式冲击试验

摆锤式冲击试验使用 U 字形缺口试验片, 通过上述的基于 JIS Z 2242 的方法进行。试验结果如表 10 所示。

表 10:

材质	摆锤式冲击值 (J/cm ²)	冲击值之比
X 材料	6.7	1.0
Y 材料	5.3	0.8
Z 材料	6.7	1.0

进行了渗碳氮化处理的 Y 材料 (比较例) 的摆锤式冲击值不比普通淬火的 X 材料 (比较例) 高, 但 Z 材料得到与 X 材料基本相同的值。

(3) 静态破坏韧性值的试验

图 19 是表示静态破坏韧性试验的试验片的图。在该试验片的缺口部预先设有约 1mm 的裂缝后, 施加三点弯曲引起的静态载荷, 求得破坏载荷 P。破坏韧性值 (K_{Ic} 值) 使用下述的 (I) 式算出。另外, 试验结果如表 11 所示。

$$K_{Ic} = (PL\sqrt{a/BW^2})\{5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4\} \cdots (I)$$

表 11:

材质	试验数	$K_{IC}(MPa\sqrt{m})$	K_{IC} 之比
X 材料	3 个	16.3	1.0
Y 材料	3 个	16.1	1.0
Z 材料	3 个	18.9	1.2

由于预先设定的龟裂深度大于富氮层深度，因此，比较例的 X 材料和 Y 材料没有不同。但是，本发明例的 Z 材料可得到比较例的约 1.2 倍的值。

(4) 静压破坏强度试验（破坏应力值的测定）

如上所述，静压破坏强度试验片使用图 17 所示的形状。图中，沿 P 方向施加载荷，进行静压破坏强度试验。试验结果如表 12 所示。

表 12:

材质	试验数	静压破坏强度 (Kgf)	静压破坏强度之比
X 材料	3 个	4200	1.00
Y 材料	3 个	3500	0.84
Z 材料	3 个	4300	1.03

进行渗碳氮化处理的 Y 材料是比普通淬火的 X 材料稍低的值。但是，本发明的 Z 材料的静压破坏强度比 Y 材料高，得到与 X 材料基本相同的水平。

(5) 时效尺寸变化率

将持续温度为 130℃、持续时间为 500 小时条件下的时效尺寸变化率的测定结果与表面硬度、残留奥氏体量（0.1mm 深度）一起表示在表 13 中。

表 13:

材质	试验数	表面硬度 (HRC)	残留 γ 量 (体积%)	尺寸变化率 ($\times 10^{-5}$)	尺寸变化率之比 [*]
X 材料	3 个	62.5	8.8	18	1.0
Y 材料	3 个	63.6	30.5	35	1.9
Z 材料	3 个	60.0	11.8	22	1.2

*: 越小越好

与残留奥氏体量较多的 Y 材料的尺寸变化率相比, 本发明例的 Z 材料可抑制在其二分之一以下。

(6) 异物混入润滑下的寿命试验

使用滚珠轴承 6206, 对混入规定量标准异物的异物混入润滑下的滚动疲劳寿命进行评价。试验条件如表 14 所示, 试验结果如表 15 所示。

表 14:

载荷	Fr=6.86kN
接触面压力	Pmax=3.2Gpa
旋转速度	2000rpm
润滑	涡轮机 56 油浴供油
异物量	0.4g/1000cc
异物	粒径 100~180 μ m、硬度 Hv800

表 15:

材质	L_{10} 寿命 (h)	L_{10} 寿命之比
X 材料	20.0	1.0
Y 材料	50.2	2.5
Z 材料	45.8	2.3

实施了以往的渗碳氮化处理的 Y 材料是 X 材料的约 2.5 倍, 本发明例的 Z

材料是 X 材料的约 2.3 倍，可得到长寿命。本发明例的 Z 材料虽然与比较例的 Y 材料相比残留奥氏体少，但由于氮的进入和微细化的显微组织的影响，可得到 Y 材料以上的长寿命。

从上述结果可知，本发明例的 Z 材料、即通过本发明的热处理方法制造的轴承部件可同时满足以往的渗碳氮化处理难以实现的滚动疲劳寿命的长寿命化、断裂强度的提高、时效尺寸变化率的降低这三方面的要求。

(实施例 5)

使用标准热处理、渗碳氮化处理及本发明的热处理这三种热处理方法来制造摇臂用滚动轴承的辊、辊轴及滚子。此处的标准热处理、渗碳氮化处理及本发明的热处理表示以下的热处理方法。

标准热处理：在 RX 气体环境中，以 840℃ 的加热温度、20 分钟的持续时间进行加热后，进行淬火，然后以 180℃ 进行 90 分钟回火。

渗碳氮化处理：在 RX 气体与氮气的混合气体的环境中，在温度为 850℃、持续时间为 150 分钟的条件下进行加热后，从 850℃ 的温度开始进行淬火，接着以 180℃ 进行 90 分钟回火。

本发明的热处理：在渗碳氮化处理温度为 850℃、持续时间为 150 分钟的条件下进行渗碳氮化处理。渗碳氮化处理在 RX 气体与氮气的混合气体的环境中进行。然后，根据图 6 所示的热处理曲线，从 850℃ 的渗碳氮化处理温度开始进行一次淬火，接着以低于渗碳氮化处理温度的 800℃ 加热 20 分钟进行二次淬火，然后以 180℃ 进行 90 分钟回火。

通过这些热处理方法得到的构件的材质如表 16 所示。

表 16:

热处理方法	奥氏体结晶粒度 (JIS)	残留奥氏体量 (体积%)	含氮量 (质量%)
标准热处理	9	7	0
渗碳氮化处理	8	29	0.31
本发明热处理	12	21	0.30

下面对材质调查方法进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度：奥氏体结晶粒度的测定基于 JIS G 0551 中钢的奥氏体结晶粒度试验方法进行。

(2) 残留奥氏体量：残留奥氏体量的测定通过比较 X 射线衍射时马氏体 α (211) 与残留奥氏体 γ (220) 的衍射强度来进行。残留奥氏体量采用磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。

(3) 含氮量：含氮量的测定使用 EPMA 进行。含氮量采用磨削后滚动面的表层 50 μm 处的值。

下面对表 16 所示的试验结果进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度：本发明热处理构件的结晶粒度等级为 12，被显著地微细化。标准热处理构件及渗碳氮化处理构件的结晶粒度等级为 9 及 8，是比本发明热处理构件粗大的奥氏体结晶粒。

(2) 残留奥氏体量：本发明热处理构件的残留奥氏体量为 21 体积%，存在适度的奥氏体。标准热处理构件的残留奥氏体量为 7 体积%，比本发明热处理构件少。渗碳氮化处理构件的残留奥氏体量为 29 体积%，比本发明热处理构件多。由此可知，本发明热处理构件的残留奥氏体量处于标准热处理构件与渗碳氮化处理构件之间。

(3) 含氮量：本发明热处理构件的含氮量为 0.30%。标准热处理构件由于不进行渗碳氮化处理，故含氮量为 0%。渗碳氮化处理构件的含氮量为 0.31%。与渗碳氮化处理构件的含氮量相比，本发明热处理构件的含氮量稍低。可以认为这是由于本发明的热处理在渗碳氮化处理后以低于渗碳氮化处理温度的 800 $^{\circ}\text{C}$ 进行二次淬火的缘故。

接着，将使用上述三种热处理方法制造的辊、辊轴及滚子以各种组合方式进行组合来制造摇臂用滚动轴承，得到试料 1~试料 11。其中，表示试料 1~试料 6 的结构（尺寸）的剖视图如图 20 所示，表示试料 7~试料 11 的结构（尺寸）的剖视图如图 21 所示。如图 20 所示，在试料 1~试料 6 中，辊 4 及滚子 3 的宽度为 6.9mm，辊轴 2 的宽度为 17.3mm。另一方面，如图 21 所示，在试料 7~试料 11 中，辊 4 及滚子 3 的宽度为 5.5mm，辊轴 2 的宽度为 15.9mm。即，

试料 7~试料 11 比试料 1~试料 6 紧凑化 20%左右。

接着,通过下述方法对试料 1~试料 11 进行剥离寿命试验。图 22 是表示剥离寿命试验装置的主要部分的主视图,图 23 是沿图 22 的 XXIII-XXIII 线的剖视图。如图 22 及图 23 所示,以剥离寿命试验装置的驱动滚筒 101 与辊 4 接触的形态配置摇臂用滚动轴承 50,固定辊轴 2。接着,在从剥离寿命试验装置的驱动滚筒 101 向摇臂用滚动轴承 50 施加径向载荷的状态下,使驱动滚筒 101 沿图 22 中的箭头方向旋转,从而使辊 4 旋转。测定辊 4、辊轴 2 及滚子 3 中的任一个产生剥离的时间(寿命)。另外,从驱动滚筒 101 向摇臂用滚动轴承 50 施加的载荷为 2.58kN,辊 4 的旋转速度为 7000r/min。另外,滚子与辊及辊轴之间的润滑油使用 10W-30 的引擎润滑油,润滑油的温度为 100℃。

各试料中构件的组合和各试料的剥离寿命如表 17 及表 18 所示。本发明产品是试料 6、试料 9、试料 10 及试料 11。另外,各试料的剥离寿命以试料 1 的剥离寿命为 1 时的比率形态表示。

表 17:

试料 No.	1	2	3	4	5	6
试料的宽度 (mm)	6.9					
外圈(辊)	标准热处理			渗碳氮化处理	标准热处理	本发明热处理
滚子(滚动体)	标准热处理	渗碳氮化处理			本发明热处理	
内圈(辊轴)	标准热处理		渗碳氮化处理		本发明热处理	
负载载荷	2.58kN					
破损构件	轴、滚子	轴	轴	轴	轴	轴
剥离寿命	1	1.3	1.7	1.9	2.8	3.5

表 18:

试料 No.	7	8	9	10	11
试料的宽度 (mm)	5.5				
外圈(辊)	标准热处理	渗碳氮化处理			
滚子(滚动体)	渗碳氮化处理		本发明热处理	渗碳氮化处理	本发明热处理
内圈(辊轴)	渗碳氮化处理			本发明热处理	
负载载荷	2.58kN				
破损构件	外圈	轴	轴	轴	轴
剥离寿命	0.8	1.1	1.2	1.5	1.7

如表 17 所示, 可知对辊、辊轴及滚子全部构件都进行本发明热处理的试料 6 的剥离寿命是对全部构件都进行标准热处理的试料 1 的 3.5 倍。另外, 如表 18 所示, 可知即使在将轴承紧凑化时, 对辊及辊轴进行渗碳氮化处理、对滚子进行本发明热处理的试料 9 的剥离寿命也是试料 1 的 1.2 倍。另外, 可知对辊及滚子进行渗碳氮化处理、对辊轴进行本发明热处理的试料 10 的剥离寿命是试料 1 的 1.5 倍。再者, 可知对辊进行渗碳氮化处理、对滚子及辊轴进行本发明热处理的试料 11 的剥离寿命是试料 1 的 1.7 倍。从以上的结果可知, 通过使辊、辊轴及滚子都具有富氮层, 并对辊轴及滚子中的至少一个构件进行本发明的热处理, 可实现轴承的紧凑化, 且可抑制寿命的降低。

(实施例 6)

使用 JIS 规格 SUJ2 来制作滚动疲劳试验用的轴承。轴承是在摇臂上使用的满装滚子型的滚针轴承。内圈的尺寸为内径 $\phi 10\text{mm}$ \times 外径 $\phi 14.64\text{mm}$ \times 宽 $L15\text{mm}$, 外圈的尺寸为内径 $\phi 18.64\text{mm}$ \times 外径 $\phi 24\text{mm}$ \times 宽 $L7\text{mm}$ 。滚子的尺寸为外径 $\phi 2\text{mm}$ \times 长 $L6.8\text{mm}$, 使用 26 根, 构成为不使用保持器的满装滚子型。该轴承的基本动态额定载荷为 8.6kN, 基本静态额定载荷为 12.9kN。

各试验轴承的内圈的制造过程如下所述。

试验轴承 No. 1 (本发明例 1): 进行使硬化层图案成为图 11 (b) 所示的图案的高频热处理。

试验轴承 No. 2、3 (本发明例 2、3): 进行图 14 所示的加热曲线 H1 的工序的热处理。另外, 进行使硬化层图案成为图 11 (b) 所示的图案的高频热处理。

试验轴承 No. 4 (比较例 1): 进行使硬化层图案成为图 10 所示的图案的高频热处理。

试验轴承 No. 5 (比较例 2): 进行图 14 所示的加热曲线 H1 的工序的热处理。另外, 进行使硬化层图案成为图 10 所示的图案的高频热处理。

各试验轴承的外圈使用标准热处理产品 (淬火、回火)。各试验轴承的滚子的制造过程如下所述。

试验轴承 No. 1、4: 标准热处理产品 (淬火、回火)

试验轴承 No. 2、3、5：渗碳氮化处理产品

用上述制造方法制作的试验轴承的内圈的材质调查结果及功能评价试验结果如表 19 所示。

表 19:

No.	奥氏体 晶粒度 (JIS)	残留奥氏体 量 (体积%)	含氮量 (质量%)	表面硬 度 (HV)	球状碳化 物的面积率 (%)	硬化层图 案	静态断 裂强度 比	断裂疲 劳强度 比	滚动疲 劳寿命 比	备注
1	11	10	0	760	10.2	图 11 (b)	1.7	2.4	1.2	本发明例 1
2	12	20	0.12	780	13.6	图 11 (b)	1.6	3.2	3.2	本发明例 2
3	12	35	0.28	770	13.0	图 11 (b)	1.6	3.3	3.5	本发明例 3
4	9	8	0	740	8.9	图 10	1	1	1	比较例 1
5	9	29	0.31	760	9.6	图 10	0.9	1.2	2.9	比较例 2

下面对材质调查方法及功能评价试验方法进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度

奥氏体结晶粒度的测定基于 JIS G 0551 中钢的奥氏体结晶粒度试验方法进行。奥氏体结晶粒度采用磨削后滚动面中央部的表层 50 μm 处的值。

(2) 残留奥氏体量

残留奥氏体量的测定通过比较 X 射线衍射时马氏体 α (211) 与残留奥氏体 γ (220) 的衍射强度来进行。残留奥氏体量采用磨削后滚动面中央部的表层 50 μm 处的值。

(3) 含氮量

含氮量的测定使用 EPMA 进行。含氮量采用磨削后滚动面中央部的表层 50 μm 处的值。

(4) 表面硬度

测定磨削后滚动面中央部的表面硬度。该测定使用维氏硬度计 (1kgf) 来进行。

(5) 球状碳化物的面积率

球状碳化物的面积率通过使用苦味酸醇溶液 (苦味醇液) 进行腐蚀后、用光学显微镜 (400 倍) 观察来测定。球状碳化物的面积率采用磨削后滚动面中央部的表层 50 μm 处的值。

(6) 静态断裂强度试验

使用试验轴承的内圈, 以单体的形态用阿莫斯拉试验机施加载荷, 进行静态断裂强度试验。

(7) 断裂疲劳强度试验

使用试验轴承的内圈, 在表 3 所示的试验条件下进行断裂疲劳强度试验。

(8) 滚动疲劳寿命

滚动疲劳寿命使用图 16 所示的试验装置, 在表 2 所示的试验条件下进行。图 16 所示的试验装置是外圈旋转型的试验装置。如图 16 所示, 在装在试验机上的内圈 52 (2) 与外圈 54 (4) 之间可滚动地配置有多个针状滚子 53 (3), 使该外圈 54 在由构件 55、56 施加径向载荷的情况下以规定速度旋转, 由此进

行滚动疲劳试验。

另外，在表 19 中，滚动疲劳寿命试验、静态断裂强度试验及断裂疲劳强度试验的结果，将标准热处理产品 No. 4 的值设为 1，将各试验轴承的结果以比率的形式表示。

下面对表 1 所示的试验结果进行说明。

(1) 奥氏体结晶粒度

本发明产品 No. 1~3 的结晶粒度等级为 11~12，被显著地微细化。标准热处理产品及渗碳氮化处理产品 No. 4、5 的结晶粒度等级为 9，是比本发明产品粗大的奥氏体结晶粒。

(2) 残留奥氏体量

本发明产品 No. 2、3 的残留奥氏体量为 20~35 体积%，在这些试料中存在适度的奥氏体。

(3) 含氮量

本发明产品 No. 2、3 的含氮量为 0.12~0.28 质量%，含有氮。

(4) 表面硬度

本发明产品 No. 2、3 的表面硬度为 HV770~780。

(5) 球状碳化物的面积率

本发明产品 No. 2、3 的球状碳化物的面积率为 13.0~13.6%。

(6) 静态断裂强度试验

本发明产品 No. 1~3 的静态断裂强度比较产品 No. 4、5 高，得到了改善。可以认为这是由于当向轴承施加载荷时，与图 11 (a)、(b) 所示的从外形面到内径面全部为硬化层的内圈（本发明产品）相比，图 10 所示的混合有硬化层和未硬化层的内圈（比较产品）的强度较小，易于变形，因此，在内径面的中央部会产生较大的拉伸应力。

(7) 断裂疲劳强度试验

与比较产品 No. 4 相比，本发明产品 No. 1 的断裂疲劳强度改善了 2 倍以上。另外，与比较产品 No. 5 相比，本发明产品 No. 2、3 的断裂疲劳强度也改善了 3 倍左右。可以认为这是由于当向轴承施加载荷时，与图 11 (a)、(b) 所示的

从外形面到内径面全部为硬化层的内圈（本发明产品）相比，图 10 所示的混合有硬化层和未硬化层的内圈（比较产品）的强度较小，易于变形，因此，在内径面的中央部会产生较大的拉伸应力的缘故。

（8）滚动疲劳寿命试验

与比较产品 No. 4 相比，本发明产品 No. 1 的滚动疲劳寿命得到了稍许改善。另外，与比较产品 No. 5 相比，本发明产品 No. 2、3 的滚动疲劳寿命也得到了稍许改善。与试料 No. 1、4 相比，试料 No. 2、3、5 的滚动疲劳寿命较佳的原因是在于富氮层。可以认为富氮层影响滚动疲劳寿命的主要因素有残留奥氏体量、含氮量、球状碳化物的面积率等。

综上所述，通过像本发明产品 No. 1~3 那样，采用如图 11 (a)、(b) 所示的硬化层图案，从内圈外径的滚动面表层部到内径面都形成硬化层，可改善静态断裂强度、断裂疲劳强度。另外，若像本发明产品 No. 2、3 那样，在表层部具有富氮层，奥氏体结晶被微细化成粒度等级超过 10 级，并具有适量的残留奥氏体量，具有适度的表面硬度，球状碳化物的面积率高，则可改善通常的依赖载荷型的滚动疲劳寿命、断裂疲劳强度。

应当知道，上面公开的实施例及实施例仅仅是例示，并不限定本发明。本发明的范围并不局限于上述的说明，而由权利要求书说明，与权利要求等同的意思及在权利要求范围内的所有变更都包含在本发明的范围内。

工业上的可利用性：

本发明可尤其有效地应用在用于对汽车引擎的进气阀或排气阀进行开闭的摇臂所使用的摇臂用滚动轴承上。

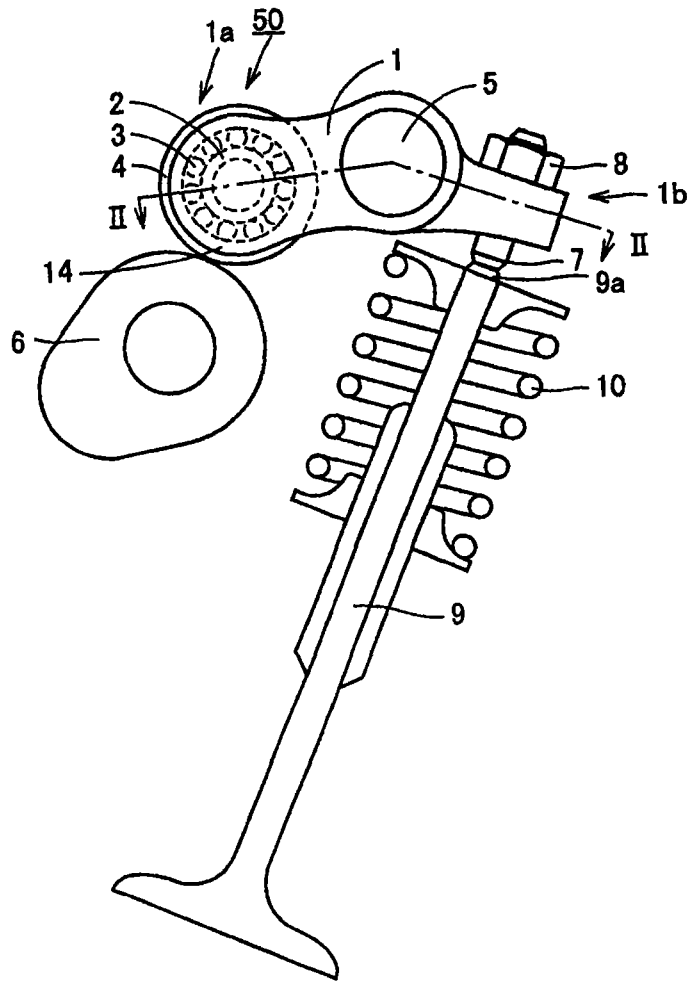


图 1

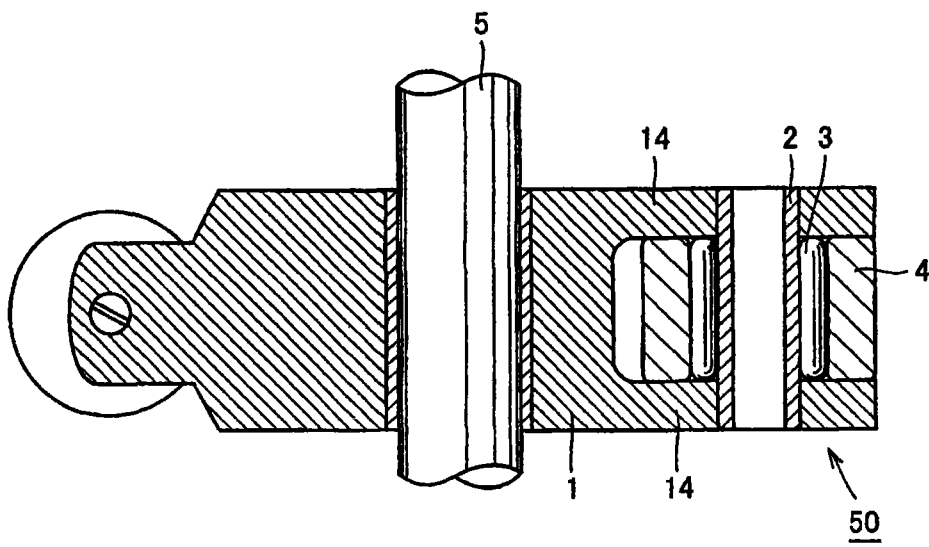


图 2

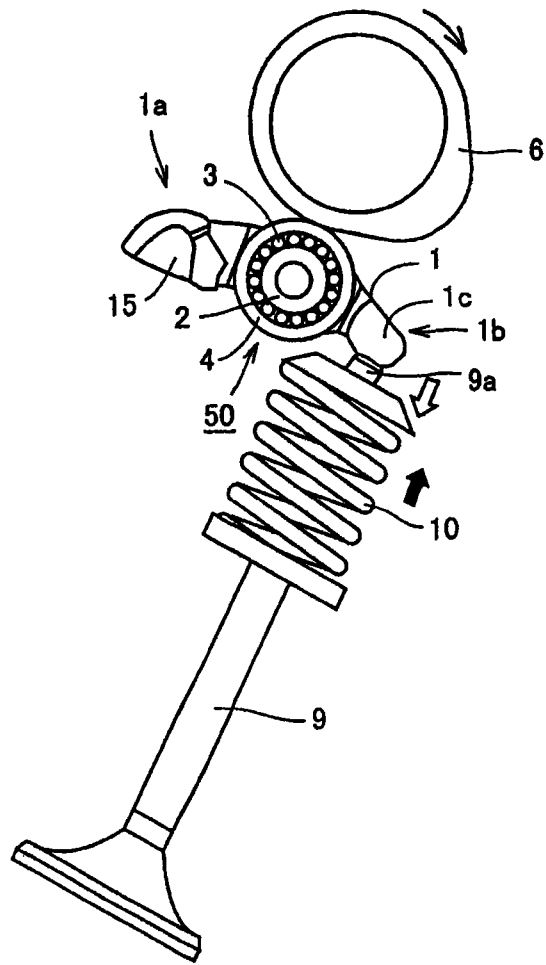


图 3

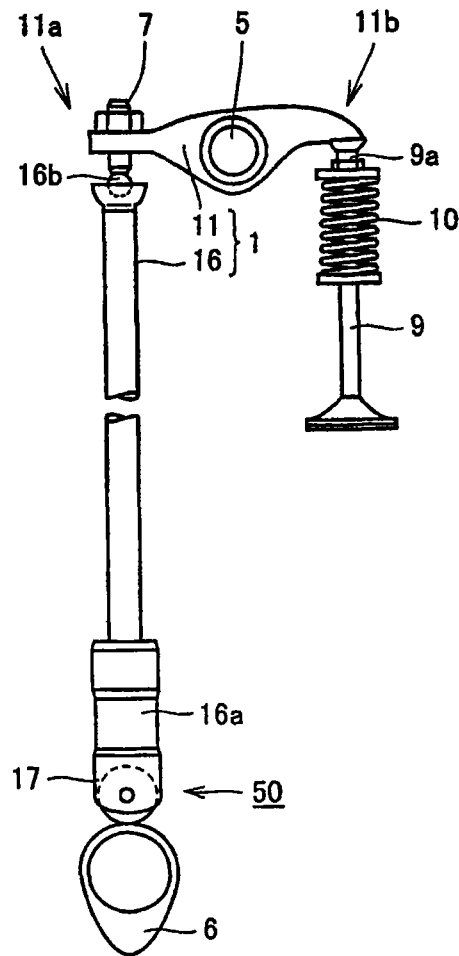


图 4

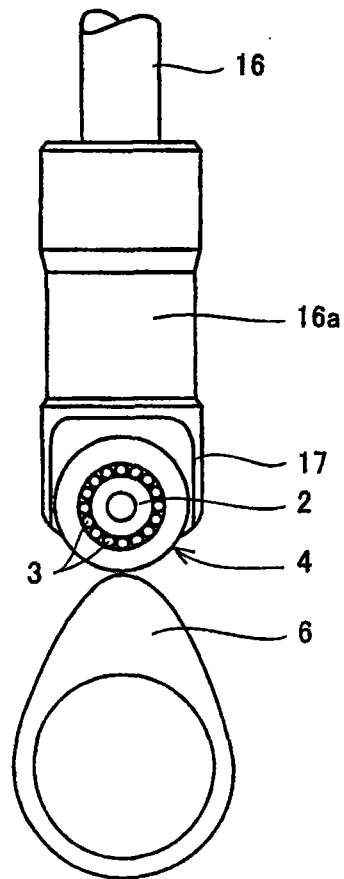


图 5

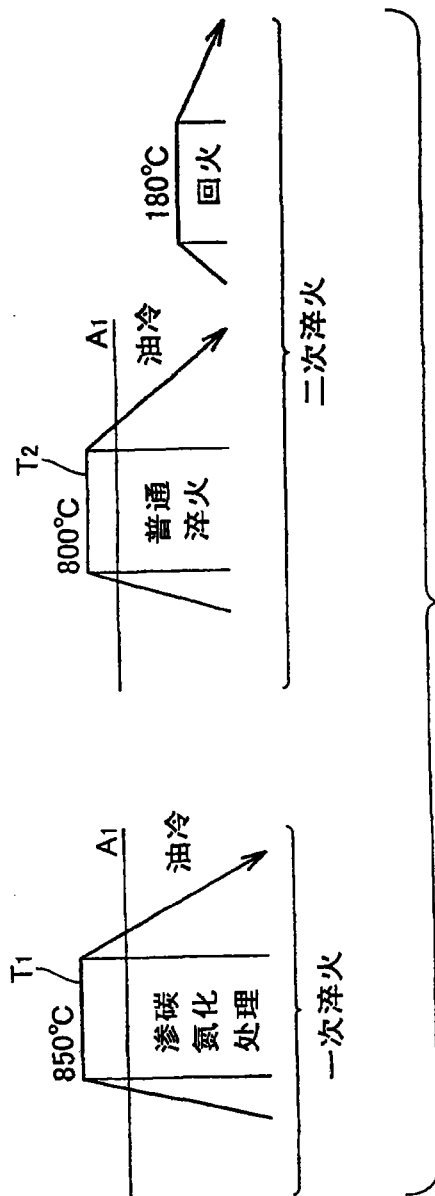


图 6

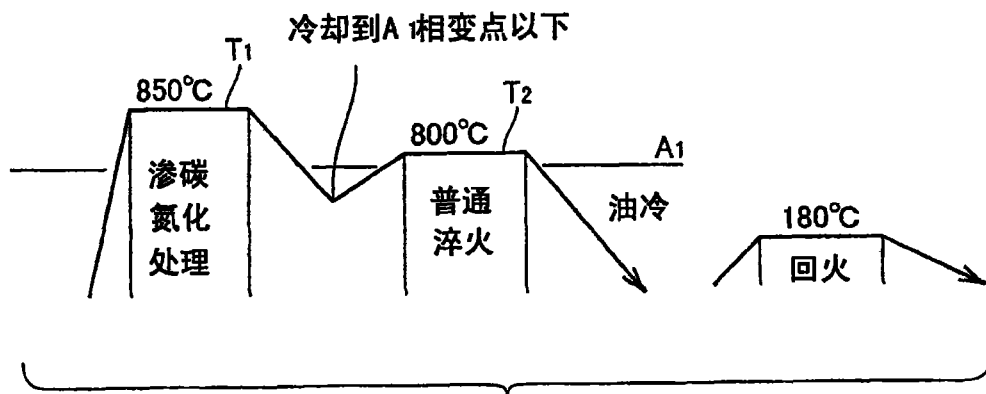


图 7

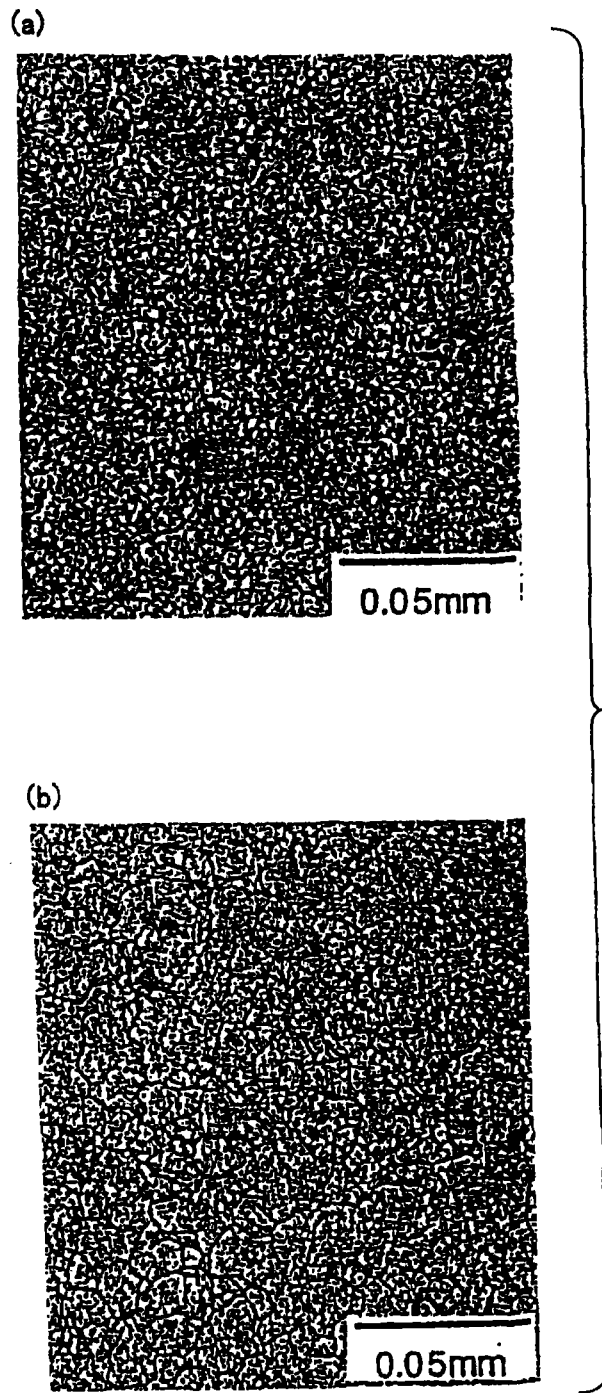


图 8

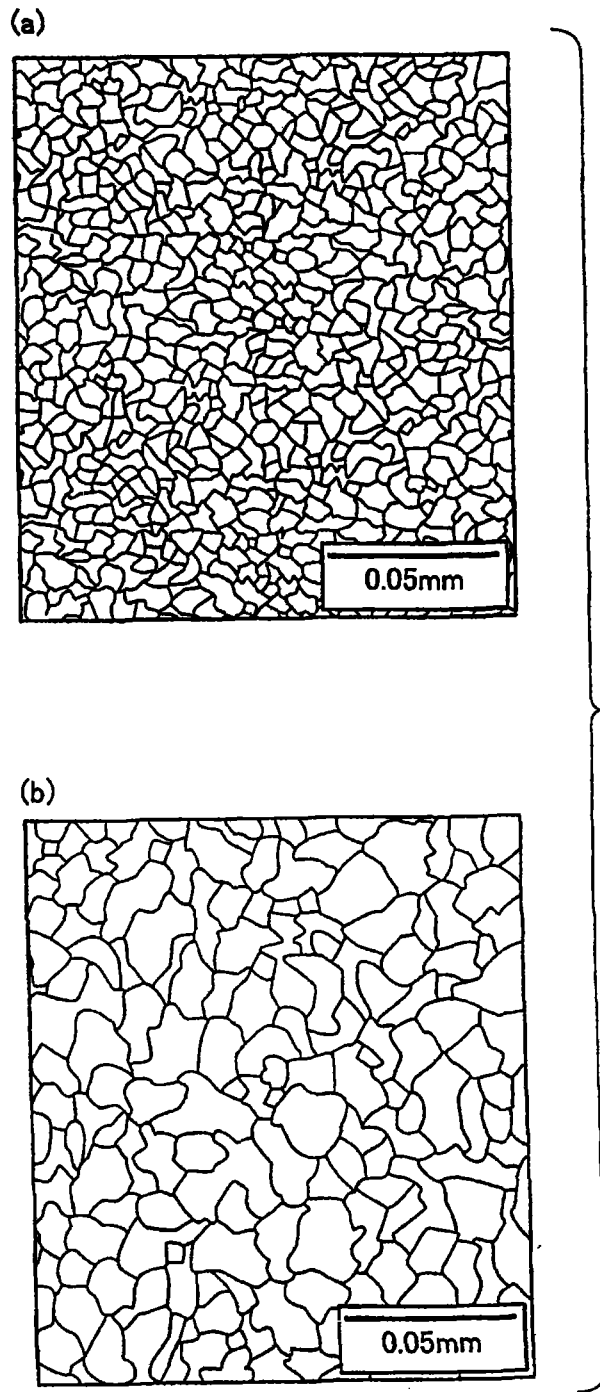


图 9

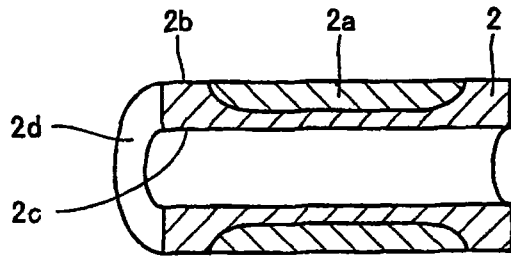


图 10

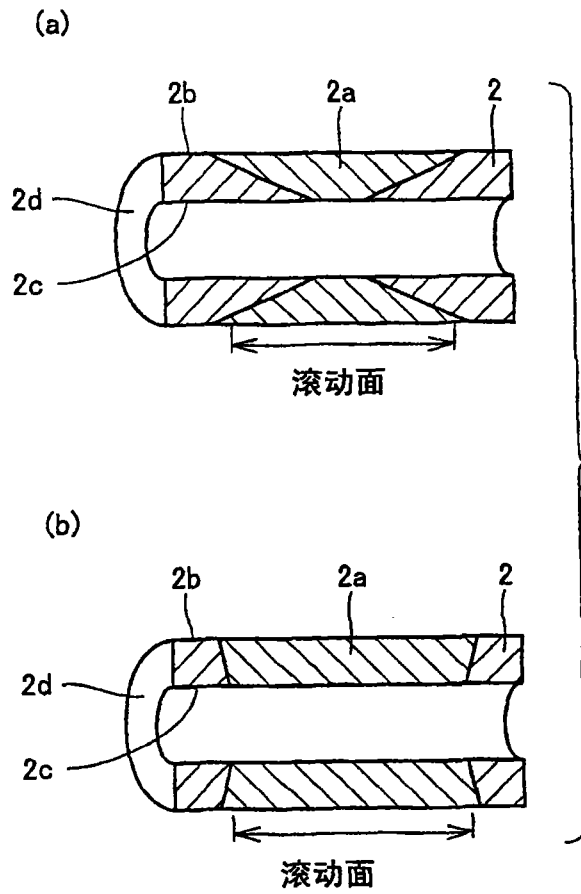


图 11

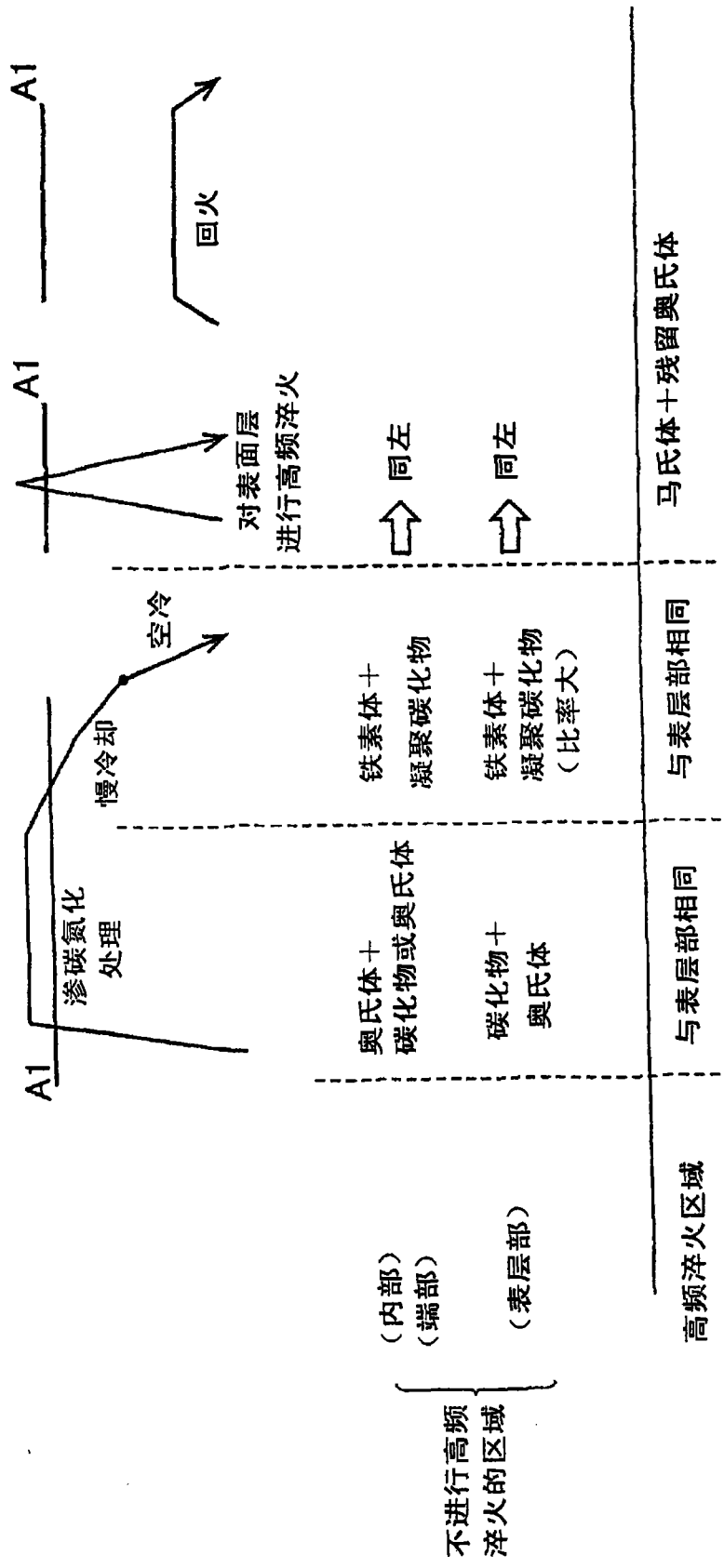


图 12

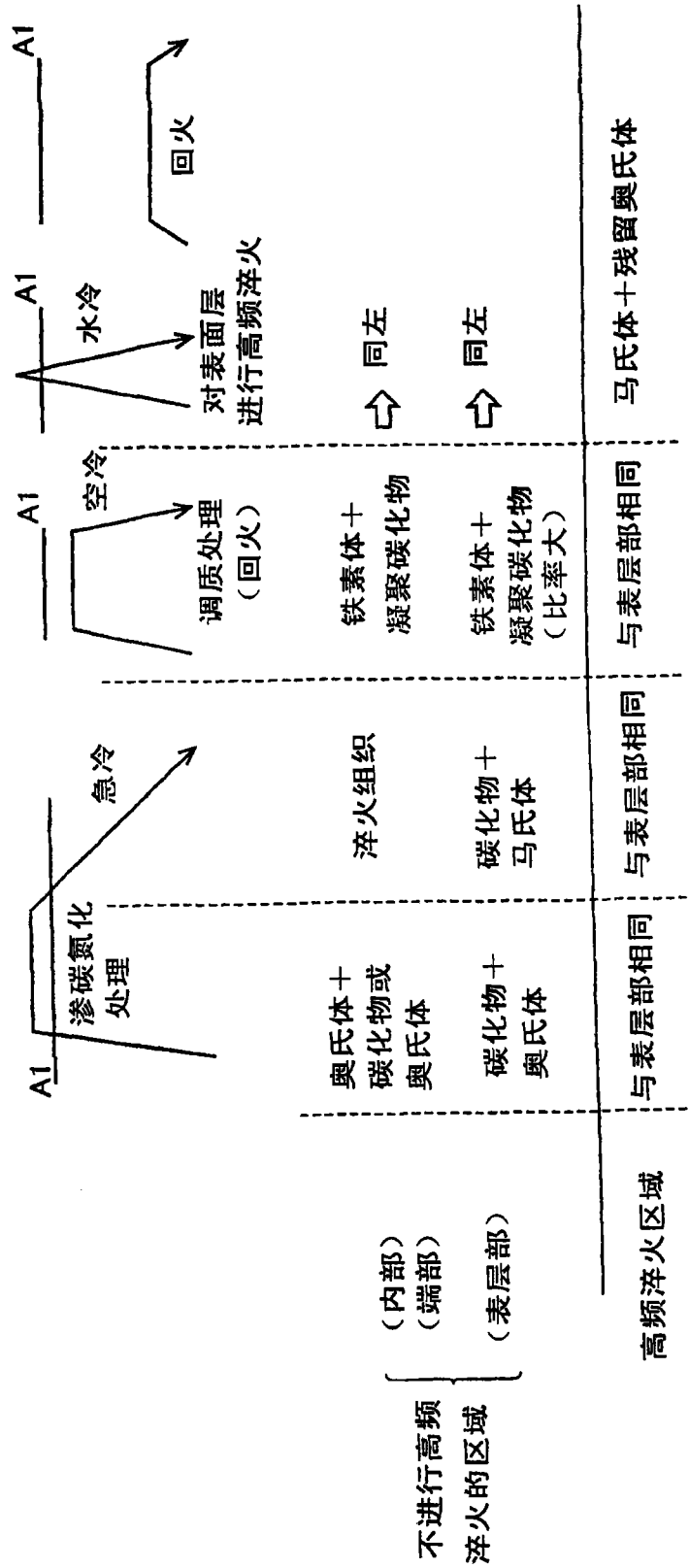


图 13

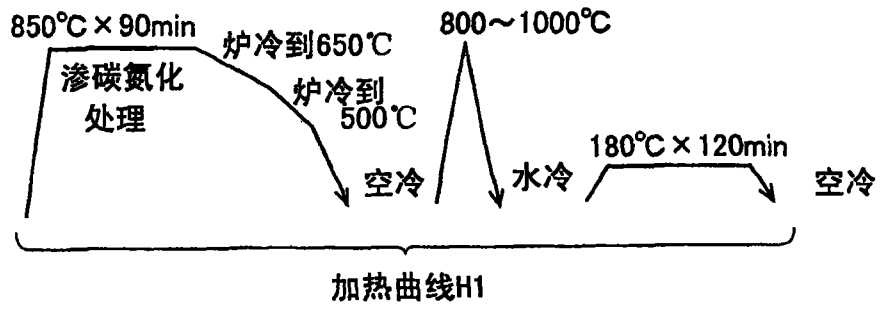


图 14

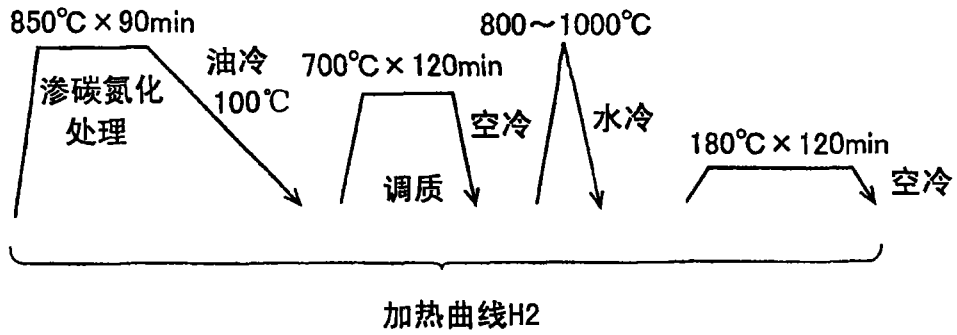


图 15

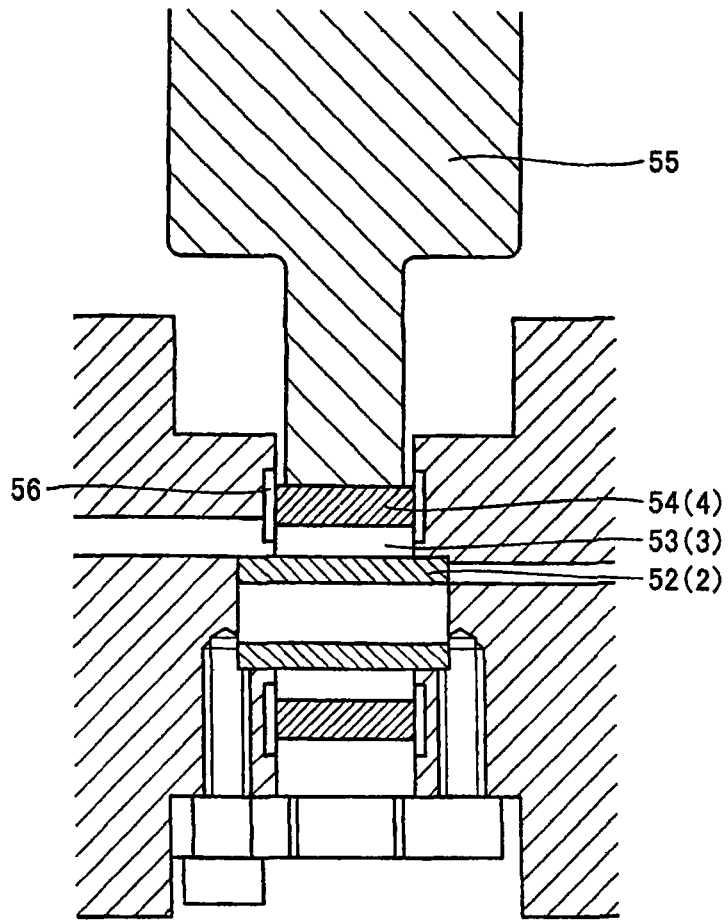


图 16

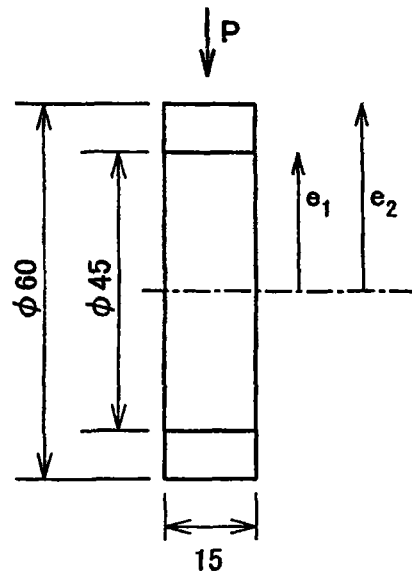


图 17

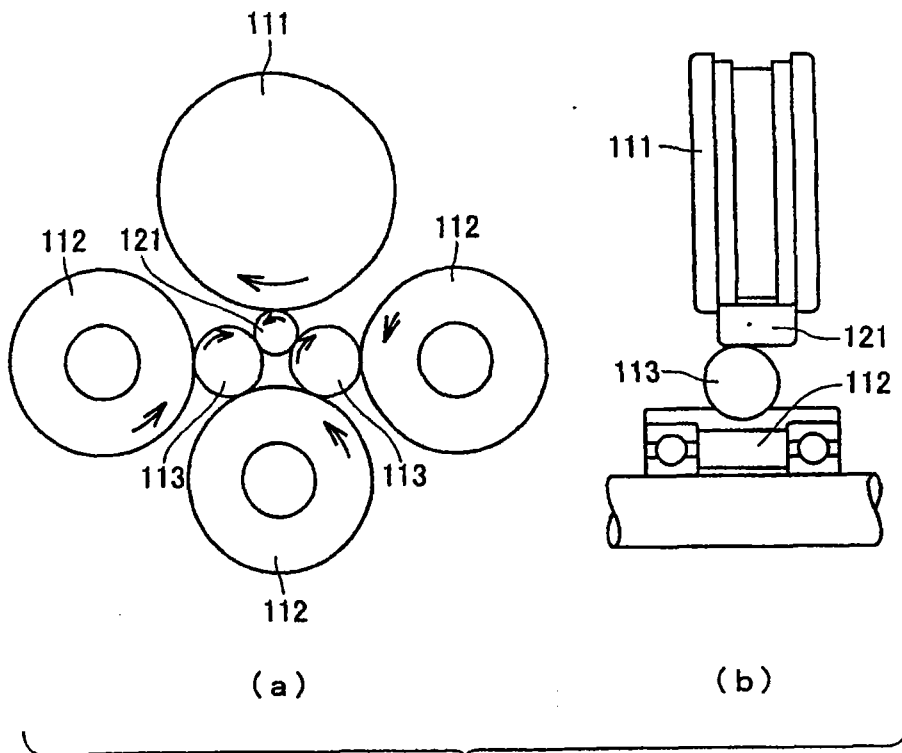


图 18

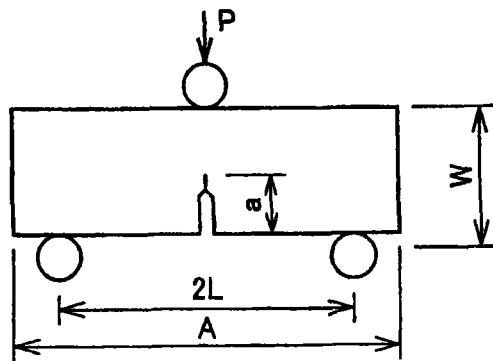


图 19

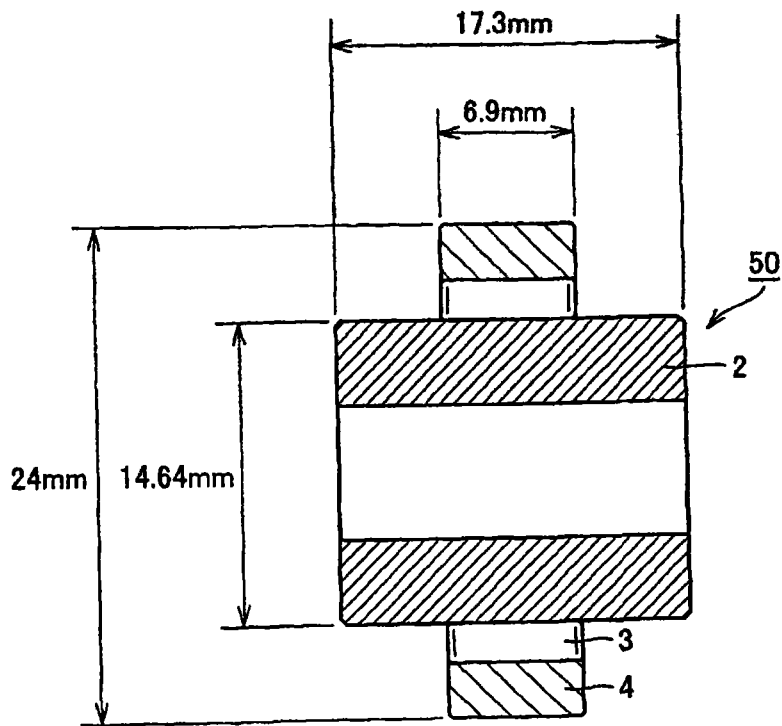


图 20

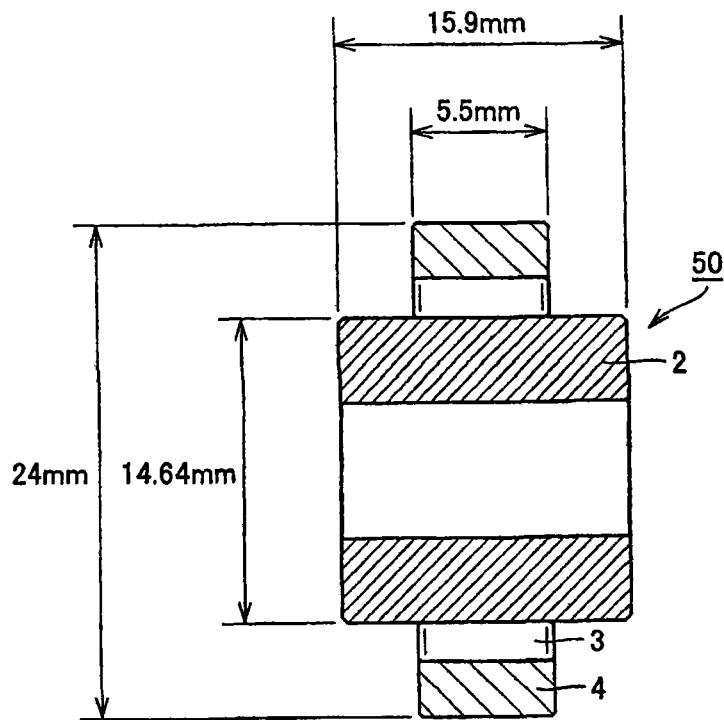


图 21

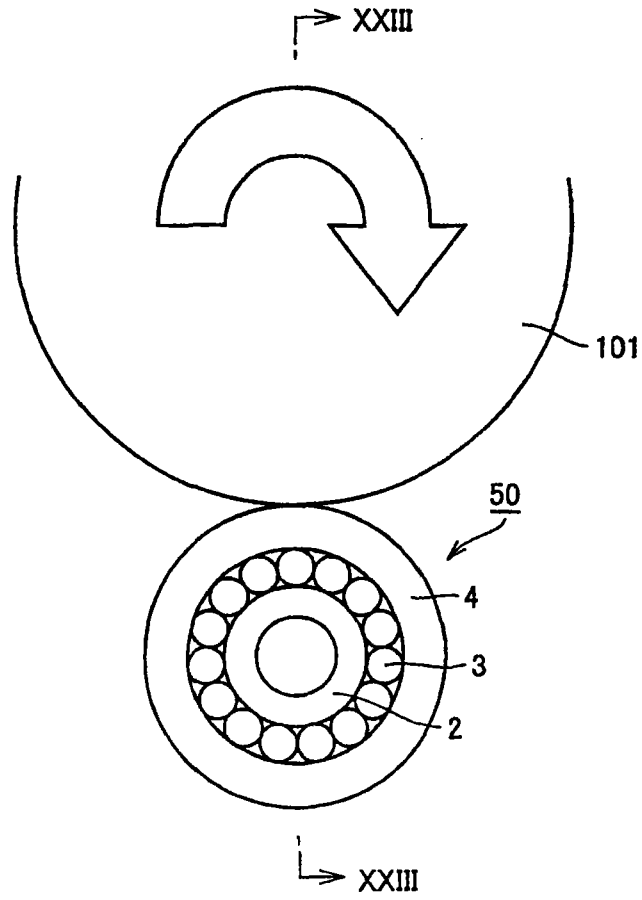


图 22

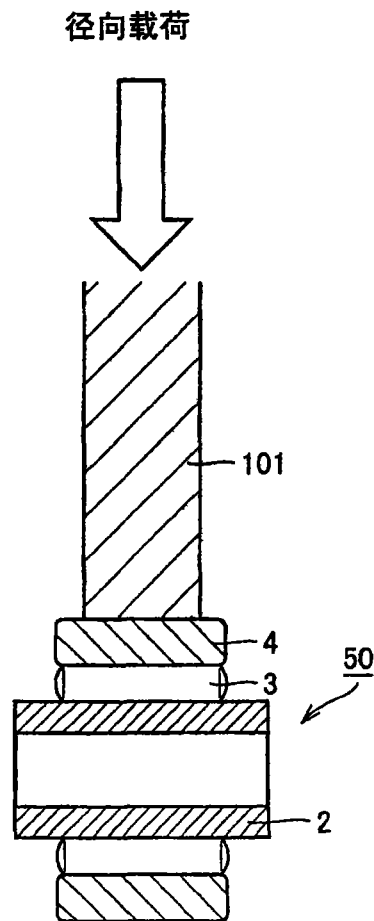


图 23