(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102574196 B
(45)授权公告日 2016.02.10

(21)申请号 201080037139.3

(22)申请日 2010.08.24

(30)优先权数据
2009-194962 2009.08.26 JP
2010-185927 2010.08.23 JP

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2012.02.21

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/JP2010/064255 2010.08.24

(87)PCT国际申请的公布数据
WO2011/024792 JA 2011.03.03

(73)专利权人 山阳特殊制钢株式会社
地址 日本兵库县

(72)发明人 中沟利尚 桥本和弥

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公司 11021
代理人 雒运朴

(51)Int.Cl.
B21K 1/04(2006.01)
B21J 5/00(2006.01)
B21J 5/08(2006.01)
B21K 21/16(2006.01)
C21D 7/10(2006.01)
F16C 33/64(2006.01)

(56)对比文件
CN 1240159 A,2000.01.05,
JP 2755716 B2,1998.03.06,
JP 2755716 B2,1998.03.06,
CN 101184562 A,2008.05.21,
JP 2005219122 A,2005.08.18,

审查员 李喆庆

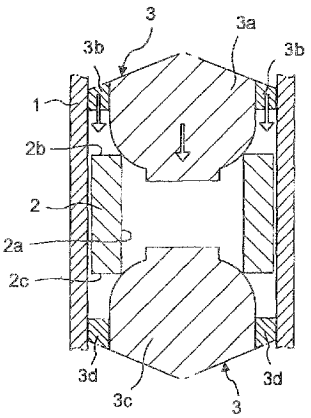
权利要求书1页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

滚动疲劳寿命优异的机械部件的制造方法

(57)摘要

本发明公开了滚动疲劳寿命优异的机械部件的制造方法。该机械部件(7)具有用于在供于冷锻的环状加工母材的内镜面滚动部件进行滚动的滚动部(6)而成。本发明的方法具有如下工序:使静水压应力作用于希望形成滚动部的环状加工母材的内径面(2a)进行冷锻,由此,在环状加工母材的内径面(2a)形成用于滚动部件进行滚动的滚动部(6),并且,对滚动部(6)以外的环状加工母材的内径进行扩径,提供具有滚动疲劳寿命优异的滚动部(6)的环状机械部件(7)。通过塑性加工改善作为环状加工母材的钢材中所含的非金属夹杂物和作为母材的钢材的界面状态,由此能够制造在内径具有优异的滚动疲劳寿命的滚动部的环状机械部件。



CN 102574196 B

1. 一种滚动疲劳寿命优异的机械部件的制造方法，其中，该机械部件在供于冷锻的环状加工母材的内径面具有用于滚动部件进行滚动的滚动部而成，所述方法具有如下工序：使静水压应力作用于希望形成滚动部的环状加工母材的内径面而进行冷锻，由此，在所述环状加工母材的内径面形成用于滚动部件进行滚动的滚动部，并且，对该滚动部以外的环状加工母材的内径进行扩径，提供具有滚动疲劳寿命优异的滚动部的环状机械部件，

并且，所述静水压应力至少为 1000MPa。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述供于冷锻的环状加工母材是钢管。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其中，所述供于冷锻的环状加工母材是热锻环。

滚动疲劳寿命优异的机械部件的制造方法

[0001] 关联申请的相互参照

[0002] 本申请主张基于2009年8月26日提出的日本国专利申请第2009-194962号和2010年8月23日提出的日本国专利申请第2010-185927号的优先权，参照它们全体公开的内容记载在本申请发明的说明书中。

技术领域

[0003] 本发明涉及轴承、齿轮、轮毂单元、无级变速器、等速连接器、活塞销等由钢材构成的机械部件的制造，特别是涉及要求良好的滚动疲劳寿命的由环状体构成的机械部件的制造。

背景技术

[0004] 近年来，随着各种机械装置的高性能化，要求滚动疲劳寿命的机械部件和装置中的使用环境变得非常严峻，强烈要求提高这些机械部件和装置的寿命同时提高可靠性。面对这种要求，作为从钢材方面的对策，正在进行钢成分的适当化和与钢成分一起含有的杂质元素降低化。

[0005] 在与形成这些机械部件和装置的钢成分其一含有的杂质元素中，由这些杂质元素构成的Al_2O_3、MnS、TiN其他的非金属夹杂物成为机械部件和装置中的钢零件的破损的起点。为此，这些非金属夹杂物特别有害是公知的。另外，还公知有这些非金属夹杂物的直径越大，钢零件的滚动疲劳寿命越短。为此，提出了各种减少非金属夹杂物量，即，提高钢的洁净度，极力减少非金属夹杂物的直径为20μm以上的大型氧化物系非金属夹杂物的高洁净度钢（例如，参照专利文献1和专利文献2）。

[0006] 另外，即使将由这种高洁净度钢构成的钢材用于机械部件和装置，还不能够充分实现抑制这些机械部件和装置短寿命并发生破损。为此，降低钢材中的非金属夹杂物，进一步使该非金属夹杂物小径化的开发盛行。

[0007] 另一方面，提供即使不实现钢材中的非金属夹杂物的降低和小径化，但滚动疲劳寿命优异的机械部件的技术开发也盛行。例如提出了如下技术：(1)控制零件滚动进行制造时滚动部上的锻流线（フアイバーフロー），得到优异的滚动疲劳寿命的技术（例如，参照专利文献3），(2)通过对滚动部作用预压缩应力，得到优异的滚动疲劳寿命的技术（例如，参照专利文献4）。另外，申请人还提出了(3)通过形成改善了钢材中含有的非金属夹杂物和作为母相的钢的界面状态的钢材，得到优异的滚动疲劳寿命的技术，这些发表在非专利文献1和非专利文献2中。

[0008] 在这些非专利文献1和非专利文献2中，对于滚动疲劳的破损，即到剥离的过程进行了如下说明。即，在从非金属夹杂物到裂纹产生和进展直到剥离的过程中，由于向非金属夹杂物的周围的应力集中效果，经历了裂纹变位的初期裂纹（以下，称为“开口型初期裂纹”）过程。其后，公知的是经过剪断应力导致的裂纹的传播直到破损。这意味着，如果不发生开口型初期裂纹，那么其后的裂纹传播或破损也不会发生。另外，开口型初期裂纹是以

在非金属夹杂物和母相的界面产生物理的间隙即空洞为前提，并验证到如果不产生物理的间隙，则开口型裂纹也不会产生。

[0009] 另一方面，在图 5 的概念图中显示从热轧钢材切出，进行离子研磨后，通过扫描电子显微镜 (FE-SEM) 观察非金属夹杂物周围有无空洞的影像。在图 5 中，标号 5 是 Al_2O_3非金属夹杂物，标号 4 是空洞即空隙。特别是在机械结构用钢中，通常使用 Al 进行脱氧。此时生成的 Al_2O_3系非金属夹杂物 5 被确认到根据与母材的变形能的不同或形状特别是在与母相的界面容易生成空隙 4。因此，为了提高机械部件 7 的滚动疲劳寿命，封闭非金属夹杂物 5 和母相的界面中存在的空隙 4 或减少空隙 4 的体积是有效的。

[0010] 先行技术文献

[0011] 专利文献

[0012] 专利文献 1 :特开 2006-63402 号公报

[0013] 专利文献 2 :特开平 06-192790 号公报

[0014] 专利文献 3 :特开平 4-357324 号公报

[0015] 专利文献 4 :特开 2006-77854 号公报

[0016] 非专利文献

[0017] 非专利文献 1 :铁和钢，94(2008)，P.13

[0018] 非专利文献 2 :平成 20 年度兵库县立大学学位论文，平冈和彦 (2008 年 1 月)

发明内容

[0019] 本发明是与上述 0006 段落中记载的 (3) 关联的技术，其目的在于，提供一种制造机械部件的方法，其与通过塑性加工改善作为供于冷锻的环状加工母材的原材的钢材中含有的非金属夹杂物和作为母相的钢材的界面状态，来实现现有的钢的制造时非金属夹杂物的降低和非金属夹杂物小径化的钢材的制造方法相比，在环状加工母材的内径面具有更优异的滚动疲劳寿命的滚动部。

[0020] 根据本发明，是滚动疲劳寿命优异的机械部件的制造方法，其中，该机械部件在供于冷锻的环状加工母材的内径面具有用于滚动零件进行滚动的滚动部，所述方法具有如下工序 :使静水压应力作用于形成滚动部的环状加工母材的内径面并进行冷锻，从而在环状加工母材的内径面形成用于滚动零件进行滚动的滚动部，并且，对该滚动部以外的环状加工母材的内径进行扩径，从而提供具有滚动疲劳寿命优异的滚动部的环状的机械部件的工序。通过该静水压的作用，钢中的非金属夹杂物和作为母相的钢的界面中存在的空隙朝向封闭的方向，能够制造滚动疲劳寿命优异的机械部件。还有，供于冷锻的环状加工母材优选为钢管或热锻环。

[0021] 根据本发明的优选方式，提供上述的方法，所述静水压应力至少为 1000MPa。通过在冷锻时使至少 1000MPa 的静水压应力作用而形成滚动面，从而封闭钢中含有的非金属夹杂物和作为母相的钢的界面中存在的空隙，能够制造滚动疲劳寿命优异的机械部件。

[0022] 根据本发明的制造方法，通过在环状加工母材的冷锻时使静水压应力 (优选为至少 1000MPa) 作用，即使钢材制造时不能实现非金属夹杂物的降低和小径化，也能够封闭或减少非金属夹杂物和作为母相的钢的界面中产生的空隙，其结果是，能够回避以非金属夹杂物为破坏起点的滚动疲劳导致的剥离，能够制造具有大幅提高滚动疲劳寿命的优异的滚

动部的机械部件。

附图说明

[0023] 图 1A 是说明本发明的环状母材的冷锻工序（压缩加工前）的概要图。

[0024] 图 1B 是说明本发明的环状母材的冷锻工序（压缩加工后）的概要图。

[0025] 图 2 是通过本发明的方法制造的滚动轴承的纵截面图。

[0026] 图 3 是表示通过本发明的方法制造的滚动轴承的 CAE 解析的图。

[0027] 图 4A 是表示冷锻前的非金属夹杂物和其周围的空隙的概念图。

[0028] 图 4B 是表示冷锻后的非金属夹杂物和其周围的空隙的概念图。

[0029] 图 5 是表示热轧钢材的非金属夹杂物和其周围的空隙的概念图。

具体实施方式

[0030] 作为本发明的制造方法所求的钢材，可以例举机械结构用钢和轴承钢等。

[0031] 这些钢材是通过如下工序制造的钢材：1) 通过电弧熔解炉或转炉进行熔钢的氧化精炼，2) 通过浇包精炼炉 (LF) 进行还原精炼，3) 通过环流式真空脱气装置 (RH) 进行环流真空脱气处理 (RH 处理)，4) 通过连续铸造或一般造锭进行钢锭的铸造，和 5) 钢锭的热轧或热锻和冷轧，或者通过冷轧和冷锻进行的塑性加工。

[0032] 用于本发明的制造方法的环状母材 2 能够如下制造。首先，以如上述制造的钢材（例如，JIS G 4805(2008)、JIS G 4051(2005)、JIS G4104、JIS G 4105 中规定的钢材），并经上述的塑性加工工序制造钢材。通过对该钢材进行三辊式轧管机、挤压加工、或热锻等热加工，加工成钢管或热锻环后，将该钢管或热锻环切断成规定长度。另外，通过对该切断的钢管或热锻环的外径面和内径面进行切削处理，得到具有规定尺寸的钢管或热锻环作为环状母材 2。

[0033] 基于图 1 对本发明的工法进行説明。对规定形状的环状母材 2 实施适当的润滑处理，形成室温附近的温度。如图 1A 所示，将该环状母材 2 设置在冲压装置的环状固定框 1 内。在固定框 1 内上下分别配置模具 3，这些模具 3 分别固定在冲压装置上下的未图示的工作部。随着冲压装置开始加工模式，被固定的模具 3 之上的上冲头 3a 和在其周围配置的环状上冲头 3b 开始箭头方向的下降运动。设置在模具 3 内的规定位置的环状母材 2 通过下降的上冲头 3a 和环状上冲头 3b，环状母材 2 的内径 2a 和其上端面 2b 受到塑性加工。另外，随着上冲头 3a 和环状上冲头 3b 的下降，环状母材 2 被压向下方向，同时，下冲头 3c 和环状下冲头 3d 也对环状母材 2 的内径 2a 和下端面 2c 进行塑性加工。即，环状母材 2 的上端面 2b 随着上冲头 3a 和环状上冲头 3b 的下降而被压向下方向，其结果是，环状母材 2 的下端面 2c 由于下冲头 3c 和环状下冲头 3d 而被相对地压起来。在加工末期，环状母材 2 受到来自上冲头 3a 以及环状上冲头 3b，和下冲头 3c 以及环状下冲头 3d 的双方的冷锻的压缩加工，静水压应力进行作用，存在于环状母材 2 的钢的母相和其非金属夹杂物 5 之间的空隙 4 被封闭。

[0034] 通过对环状母材 2 实施上述的压缩加工，如图 1B 所示，在希望制作的机械部件 7 的滚动部 6 的近傍，带来封闭存在于环状母材 2 的钢的母相和其非金属夹杂物 5 之间的空隙 4 的效果的静水压应力进行作用。此时，为了得到充分的封闭空隙 4 的效果，优选在冷锻

时至少使 1000MPa 的静水压应力作用于滚动部 6 的近傍。通过使这种静水压应力作用，能够向封闭存在于非金属夹杂物 5 和作为母相的环状母材 2 的钢之间的空隙 4 的方向或减少空隙 4 的体积的方向变化。通过该变化，能够回避以非金属夹杂物 5 为破坏起点的滚动疲劳导致的剥离。其结果是，能够得到具有优异的滚动疲劳寿命的滚动部 6 的机械部件 7。

[0035] 实施例 1

[0036] 作为本发明的实施例，对实施的条件和所得到的结果进行説明。首先，表 1 表示作为环状母材 2 的钢材的钢种使用的供试材的成分組成。

[0037] 表 1

[0038] 供试材成分（单位为质量％）

[0039]

钢种	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Cr	Al
SUJ2	1.04	0.22	0.32	0.008	0.007	-	-	0.03	1.44	0.011
SUJ3	1.00	0.55	1.01	0.007	0.008	0.03	0.05	0.01	0.99	-
S45C	0.44	0.20	0.70	0.01	0.01	-	-	-	-	-
S53C	0.52	0.20	0.65	0.01	0.01	-	-	-	-	-

[0040] 在该实施例中，实施表 1 所示的钢种的供试材。首先，通过电弧熔解炉对熔钢进行氧化精炼，通过浇包精炼炉 (LF) 对其进行还原精炼，另外，通过环流式真空脱气装置 (RH) 进行脱气，减少熔钢中的氧成分，经该熔钢通过连续鋳造制造成钢锭。如通常那样对该钢锭进行热轧形成钢材，其后，通过三辊式轧管机制成钢管后，准备成对它们进行了惯用的球状化热处理的钢管。

[0041] 将如上述得到的外径 Φ80mm、壁厚 8.7mm 的由表 1 所示的供试材构成的钢管切断为钢管的长方向的宽度尺寸 27.2mm 后，对外径和内径进行切削加工，由此形成外径 Φ78.5mm、壁厚 7.0mm 的钢管。接着，对该钢管实施惯用的润滑处理形成冷锻用的环状母材 2。如图 2 所示，使用模具 3 对该环状母材 2 进行如下的冷锻，该模具 3 设计为能够得到由宽度 28.1mm、外径 Φ79.0mm、在内径的中央部宽度 7.5mm，并且其内径 Φ61.8mm 构成的突出部 2d，滚动部 6 的外侧的内径 2a 为 68.2mm 的冷锻品。冷锻是在室温附近的温度，通过上述图 1 所示的模具 3 的加工方式，对环状母材 2 和模具 3 一起实施冷锻，其中成形时的荷重为 4000 ～ 4200kN，成形时的加工面压为 1800 ～ 1900MPa。

[0042] 通过该冷锻，在图 3 所示的 CAE 解析的图面中，如预想的那样可以看到，在滚动部 6 的近傍，最大 1500MPa 左右的静水压应力作用。

[0043] 另外，在图 4A 和 4B 中显示该冷锻的前后的存在于非金属夹杂物 5 和作为环状母材 2 的钢之间的空隙 4 的变化的样子的模式图。图 4A 表示冷锻前的环状母材 2 的非金属夹杂物 5 的形状，与该非金属夹杂物 5 邻接形成有空隙 4。但是，如图 4B 所示，可以确认到

在冷锻后存在于非金属夹杂物 5 和作为环状母材 2 的钢之间的空隙 4 被封闭。

[0044] 另外，为了对作为本发明的效果的机械部件 7 的滚动疲劳寿命进行评价，控制冷锻时的成形荷重和成形方法，如表 2 所示，以 4 个钢种条件和 5 个加工条件采取各种试验片。

[0045] 表 2

[0046]

钢种条件

钢种条件	钢种
1	SUJ2
2	SUJ3
3	S45C
4	S53C

[0047]

加工条件

加工条件	加工开始温度 ℃	加工方法	成形荷重 kN	最大静水压应力 MPa
A	20	压缩加工	4000～4200	1500
B	20	压缩加工	2700～3000	1000
C	20	压缩加工	3200～3500	1250
D	20	拉伸加工	2700～3000	-1000(拉伸)
E	1000	压缩加工	350～500	800

[0048] 将这些采取的试验片旋削加工成作为推力型的滚动轴承的部件的轨道盘形状，实施淬火，回火处理，由此，得到 S45C 为 HRB94 以上，S53C 为 HRC20 以上，SUJ2 和 SUJ3 为 58HRC 以上的硬度。另外，实施研磨，加工成推力型的滚动轴承，进行滚动疲劳寿命的评价。还有，滚动体使用市场销售的推力型的滚动轴承用球。

[0049] 进行上述的滚动疲劳寿命的评价的结果为◎ :非常良好，○ :良好，× :差的 3 个标准。在表 3 中显示其结果。在评价中，表 3 的条件中的“-”之前表示表 2 的钢材条件，“-”之后表示表 2 的加工条件。由于每个钢种的硬度不同，所以不能进行同一评价。为此，滚动疲劳寿命的评价在相同的钢种间进行比较。并确认到随着冷锻时的最大压缩应力增加到 1500MPa，滚动疲劳寿命提高，以◎表示。另一方面，通过冷锻，拉伸应力作用于滚动部 6 的近傍时，如以表 2 的加工条件 D 加工的表 3 的条件的“1-D”、“2-D”、“3-D”、“4-D”所示，评价为 ×，滚动疲劳寿命没有提高。另一方面，虽然在表中没有显示，但确认到即使通过热锻制造，滚动疲劳寿命也得到提高的效果。但是，本发明的冷锻从不使钢材温度上升的观点出发为优选。

[0050] 表 3

[0051]

条件	滚动疲劳寿命的评价
1-A	◎
1-B	○
1-C	○

1-D	×
1-E	○
2-A	◎
2-B	○
2-C	○
2-D	×
2-E	○
3-A	◎
3-B	○
3-C	○
3-D	×
3-E	○
4-A	◎
4-B	○
4-C	○
4-D	×
4-E	○

[0052] 根据以上的4个钢种条件和5个加工条件的试验片产生的滚动疲劳寿命试验的评价结果可以判明，冷锻时，通过对滚动面近傍作用规定的压缩应力（优选为至少1000MPa），能够封闭或减少存在于非金属夹杂物5和作为环状母材2的钢之间的空隙4，起到提高滚动疲劳寿命的作用。还有，即使是多列轨道轮的外轮用环状原材，也能够得到上述同样的提高滚动疲劳寿命的效果。

[0053] 实施例2

[0054] 作为钢管的替代，制作热锻环，除此以外以实施例1同样制造试验片。热锻环的制作方法如下所述。首先，通过电弧熔解炉对熔钢进行氧化精炼，通过浇包精炼炉(LF)对其进行还原精炼，另外，通过环流式真空脱气装置(RH)进行脱气，减少熔钢中的氧成分，经该熔钢，通过连续铸造制造成钢锭。如通常那样对该钢锭进行热轧形成钢材，其后，通过热锻将剪断的坯料制成外径Φ80mm、壁厚8.7mm、宽度27.2mm的热锻环后，对它们实施惯用的球

状化热处理准备成热锻环。对如上述得到的由表 1 所示的供试材构成的热锻环切削加工外径和内径，由此得到外径 Φ78.5mm、壁厚 7.0mm 的热锻环。接着，对该热锻环实施惯用的润滑处理得到冷锻用的环状母材 2。使用环状母材 2 的冷锻和其以后的工序与实施例 1 同样。此时也得到与实施例 1 同样的结果。

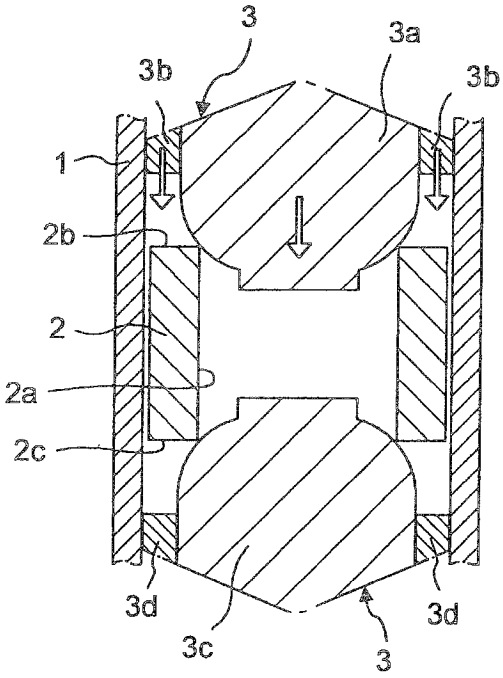

3
3a
3b
3b
1
2b
2
2a
2c
3d
3c
3
3d

图 1A

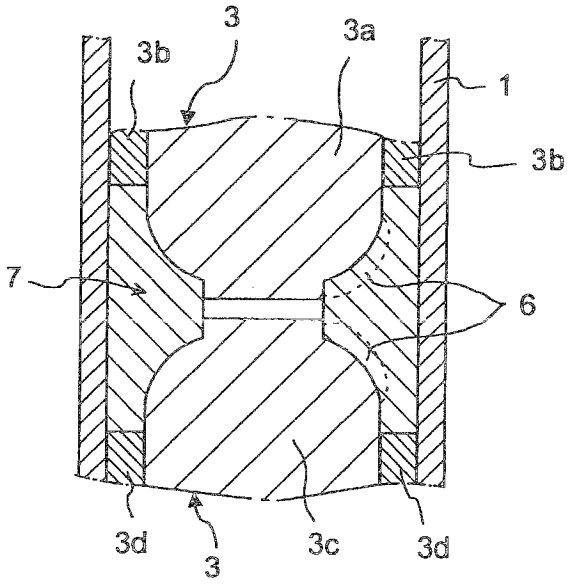

3
3a
3b
1
3b
7
6
3d
3
3c
3d

图 1B

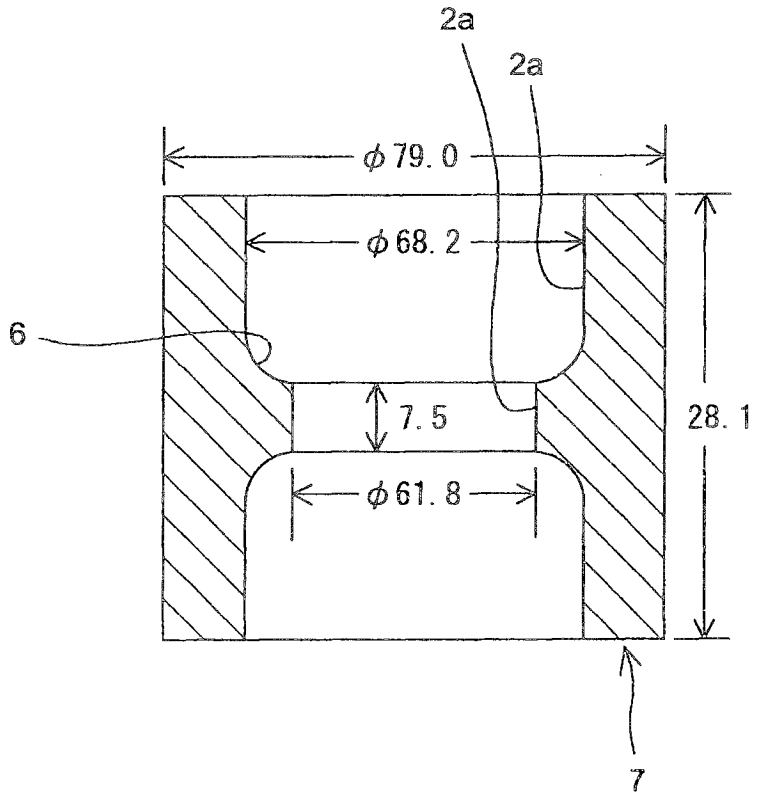

2a
2a
φ79.0
φ68.2
6
7.5
28.1
φ61.8
7

图 2

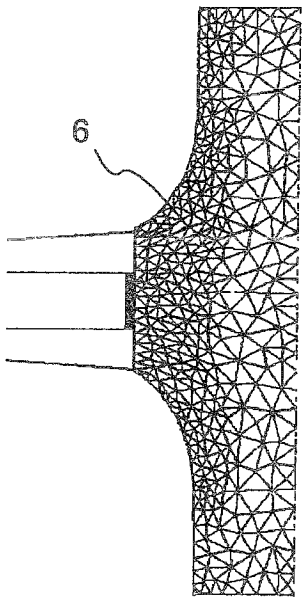

6

图 3

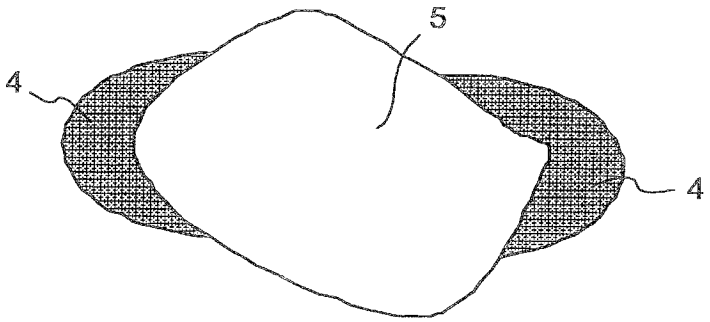


图 4A

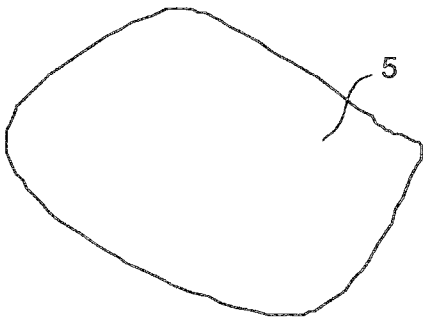


图 4B

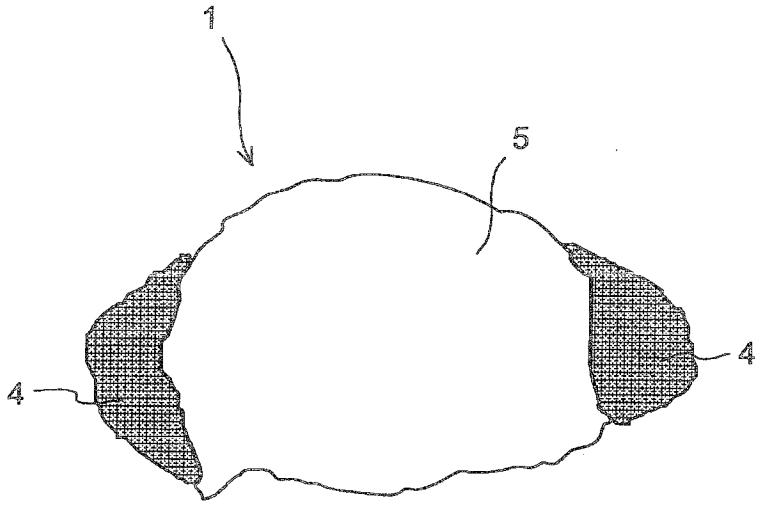


图 5