



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106319338 B

(45)授权公告日 2018.03.20

(21)申请号 201610792612.8

B22D 11/14(2006.01)

(22)申请日 2016.08.31

C21D 1/32(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

C21D 9/08(2006.01)

申请公布号 CN 106319338 A

C21D 1/20(2006.01)

(43)申请公布日 2017.01.11

C21D 9/40(2006.01)

(73)专利权人 西安理工大学

C22C 37/04(2006.01)

地址 710048 陕西省西安市金花南路5号

F16C 33/66(2006.01)

专利权人 陕西同心连铸管业科技有限公司

(56)对比文件

CN 101589661 A, 2009.12.02,

(72)发明人 许旸

CN 87200694 U, 1988.01.27,

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

CN 203235937 U, 2013.10.16,

代理人 常娥

CN 105274423 A, 2016.01.27,

(51)Int.Cl.

CN 104233051 A, 2014.12.24,

C22C 37/10(2006.01)

CN 105018833 A, 2015.11.04,

C22C 37/06(2006.01)

CN 105132790 A, 2015.12.09,

C22C 33/08(2006.01)

审查员 杨勰

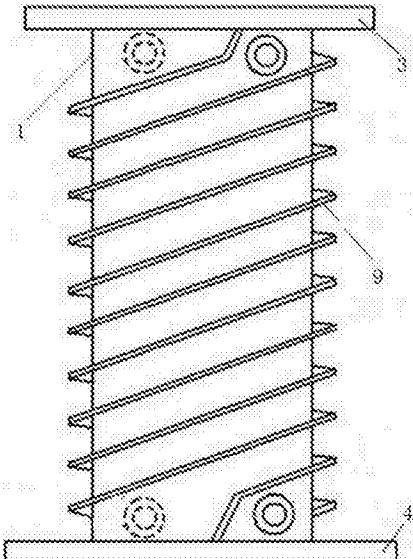
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

一种自润滑滚动轴承及其制备方法

(57)摘要

本发明公开了一种自润滑滚动轴承，内外套圈的材料成分为：C:3.4-3.7%，Si:2.7-2.9%，Mn:0.3-0.5%，Cr:0.3-0.5%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03-0.045%，Fe为余量。保持架的材料成分为：C:3.3-3.5%，Si:2.8-3.1%，Mn:0.2-0.3%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03-0.045%，Fe为余量。本发明中轴承内外套圈为等温淬火球墨铸铁材料，其石墨球直径≤0.02mm，石墨球密度≥400个/mm<sup>2</sup>，基体组织为只有在500倍以上金相显微镜下才可观察清楚的“奥铁组织”，最终制作成具有自润滑功能的滚动轴承。



1. 一种自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,具体按照以下步骤实施:

步骤1,用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水,内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下:C:3.4%-3.7%,Si:1.5%-1.7%,Mn:0.3%-0.5%,Cr:0.3%-0.5%,S≤0.05%,P≤0.05%,Fe和其他杂质为余量,以上各组分质量百分比总和为100%,再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%,残镁含量0.03%-0.045%;保持架的原铁水成分为:C:3.3%-3.5%,Si:1.8%-2.0%,Mn:0.2%-0.3%,S≤0.05%,P≤0.05%,Fe为余量,上述组分质量百分比之和为100%;经由孕育和球化处理,终硅含量2.8-3.1%,残镁含量0.03%-0.045%;

步骤2,将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法,分别拉制成球铁管材;

步骤3,将步骤2得到的球铁管材进行球化退火处理后检测石墨形态,其中石墨形态要求:石墨球化率≥90%,石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/mm<sup>2</sup>;

步骤4,将步骤3处理的球铁管材进行车削、磨削得到内外套圈,并在车削加工后磨削加工前,进行等温淬火处理,

步骤5,对步骤4得到的内外套圈进行检验,检验包括:

1) 金相组织中的石墨球化率不小于93%;

2) 石墨球数量不小于500个/mm<sup>2</sup>;

3) 基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上;

4) 材料整体硬度要求不小于HRC48;

步骤6,将步骤2得到的球铁管材进行退火处理,然后加工得到保持架;

步骤7,将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和滚珠按常规工艺装配得到自润滑滚动轴承。

2. 根据权利要求1所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤2中球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm,球铁管材的外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm。

3. 根据权利要求1或2所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤2中垂直连铸方法中采用的结晶器为双螺旋两进两处的水冷结晶器,其结构为:包括相互套接的内筒体(1)和外筒体(2),所述内筒体(1)和外筒体(2)的顶端连接有上法兰盘(3),所述内筒体(1)和外筒体(2)的底端连接有下法兰盘(4),所述外筒体(2)的上部分别设有进水嘴I(5)和进水嘴II(6),所述外筒体(2)的下部分别设有出水嘴I(7)和出水嘴II(8),所述内筒体(1)的外圆上车出了双螺旋筋板(9),内外筒体套装后,形成了双螺旋的水流通道。

4. 根据权利要求1所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤3中球化退火处理包括以下步骤:

a. 将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度Ac<sub>1</sub>+50℃,保温55-65min;

b. 将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度Ac<sub>1</sub>-50℃,保温55-65min;

c. 继续重复步骤a和步骤b不少于两次;

d. 将步骤c处理的球铁管材炉冷至595-605℃,转为空冷直至常温。

5. 根据权利要求1所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤4中等温淬火处理包括:将内外套圈加热至880-900℃,壁厚10mm以下的套圈,保温50-60min,壁厚10mm以上套圈,厚度每增加1mm,保温时间增加2min,保温时间足够后,迅速浸入230-250℃的等温

介质槽中,保持时间40–50min,出槽后空冷,随后转入清水槽中,冲洗盐巴。

6. 根据权利要求1所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤6中退火处理是将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760°C,保温120min;随后炉冷到500°C以下,转为空冷。

7. 根据权利要求1所述的自润滑滚动轴承的制备方法,其特征在于,步骤7中滚珠的硬度比内外套圈硬度高出1–2HRC。

## 一种自润滑滚动轴承及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于轴承制备技术领域，具体涉及一种自润滑滚动轴承，本发明还涉及该滚动轴承的制备方法。

### 背景技术

[0002] 轴承的作用是减少运转的轴与静止的轴座之间的相互摩擦，因此，通过对轴承润滑来减少摩擦阻力并延长其寿命成为轴承研究的重要方向。市场上先后出现了轴套、滑动轴承、自润滑的滑动轴承等产品，但是滑动摩擦的摩擦阻力大，无法适用中高速旋转的工况，在生产中存在一定的问题；而通过轴承钢制造的滚动轴承解决了摩擦力过大的问题，从而获得了广泛的工业应用。虽然滚动摩擦的阻力大大低于滑动摩擦，但滑动轴承可以采用自润滑方式，即在轴承套的壁上镶嵌石墨条柱，利用石墨优异的润滑功能来降低摩擦系数，而滚动轴承却一直需要定期加注润滑油脂，但在以下特殊工作环境：1. 在冶金机械等环境温度较高的场合，频繁地定期加注油脂显然十分繁琐，按照规范要求，滚动轴承定期加注油脂的间隔时间以运行温度70℃为基准，超过这一温度，加注时间间隔便需缩短，100℃时缩短至基准时长的1/4，120℃时缩短至基准时长的1/10；2. 有些轴承装在大型设备的心脏部位，为了润滑而拆装设备十分麻烦；3. 交通运输装备上的轴承，出厂后难以跟踪维护；由于以上的特殊工况的出现，定期加注润滑油进行滚动轴承的润滑不能够实现，往往会出现大量的滚动轴承是在干摩擦状况下运转，由此造成了轴承的早期报废和材料浪费。另外，在精密机械（如机器人）中使用的精密减速器，需要很高的“加速度转矩”和“瞬时加速度转矩”性能，而其柔性轴承中加注润滑脂，脂膏的粘滞作用会拖累这些关键指标。

[0003] 为了解决滚动轴承的以上问题，市场上出现了以下产品：如粉末冶金含油轴承，粉末冶金轴承材料的空隙中含油，起到了自润滑的作用，但是材料强度低，磨粒磨损严重，适用场合有限；等温淬火球墨铸铁（简称ADI）的出现，起到了自润滑的作用，但是传统铸造的球墨铸铁，基体组织较粗大，石墨状态（球化率、球墨数量）不佳；球铁经等温淬火后获得的“奥-铁组织”与石墨形态，虽然可以很好地满足一般的装备制造对材料强韧化综合性能的要求，但却无法用在滚动轴承上。其主要原因是：

[0004] （1）滚动轴承在正常使用前提下，失效破坏的主要原因是转动副之间的点接触疲劳损伤，球墨铸铁中存在的石墨虽然可贡献润滑效果，但是对于基体组织来说，其实就是一个个微小的凹坑，如果石墨球不圆整，球径较大的话，这种凹坑边缘就会承受较大应力，在高速循环负载条件下，成为点接触疲劳裂纹的萌生点或启裂区；而传统铸造所获得的石墨形态不佳，不足以避免成为接触疲劳的萌生点；

[0005] （2）传统铸造方法所提供的铸件，含有气孔、砂眼、夹渣和缩松缺陷，远不如锻造后的轴承钢毛坯致密；

[0006] （3）传统铸造球墨铸铁的铸态组织较粗大，导致等温淬火时淬火保温时间和等温转变时间延长（约在1.5小时以上），热处理效率低，产品成本加大，所获得的组织性能也非最佳；

[0007] (4) 水平连续铸造的铸铁型材虽然实现了铸铁材料组织的细密化甚至达到零缺陷,但是这种方法无法拉制出空心型材,显然满足不了轴承套圈对材料毛坯形状的需要。

## 发明内容

[0008] 本发明的目的是提供一种自润滑滚动轴承,解决了现有滚动轴承在转速较低、工作温度较高、难以经常加注润滑油脂、频繁受冲击等工况下,自润滑效果不佳、易造成滚动轴承报废的问题。

[0009] 本发明的另一个目的是提供一种自润滑滚动轴承的制备方法。

[0010] 本发明所采用的技术方案是,一种自润滑滚动轴承,包括内外套圈、保持架和滚珠;内外套圈、保持架和滚珠采用常规工艺装配;内外套圈的铸铁材料的成分为:C:3.4%-3.7%,Si:2.7%-2.9%,Mn:0.3%-0.5%,Cr:0.3%-0.5%,S≤0.05%,P≤0.05%,残镁含量0.03%-0.045%,Fe为余量;保持架的铸铁成分为:C:3.3%-3.5%,Si:2.8%-3.1%,Mn:0.2%-0.3%,S≤0.05%,P≤0.05%,残镁含量0.03%-0.045%,Fe为余量,上述组分质量百分比之和为100%。

[0011] 本发明所采用的另一个技术方案是,一种自润滑滚动轴承的制备方法,具体按照以下步骤实施:

[0012] 步骤1,用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水,内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下:C:3.4%-3.7%,Si:1.5%-1.7%,Mn:0.3%-0.5%,Cr:0.3%-0.5%,S≤0.05%,P≤0.05%,Fe和其他杂质为余量,以上各组分质量百分比总和为100%,再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%,残镁含量0.03%-0.045%;保持架的原铁水成分为:C:3.3%-3.5%,Si:1.8%-2.0%,Mn:0.2%-0.3%,S≤0.05%,P≤0.05%,Fe为余量,上述组分质量百分比之和为100%,经由孕育和球化处理,终硅含量2.8-3.1%,残镁含量0.03%-0.045%;

[0013] 步骤2,将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法,分别拉制成球铁空心管材;

[0014] 步骤3,将步骤2得到的球铁空心管材进行循环球化退火处理后,检测石墨形态;

[0015] 步骤4,将步骤3处理的球铁空心管材进行锯切和车削、磨削得到内外套圈,并在车削加工后磨削加工前,进行等温淬火处理,

[0016] 步骤5,对步骤4得到的内外套圈进行检验;

[0017] 步骤6,将步骤2得到的空心管材进行退火处理,然后加工得到保持架;

[0018] 步骤7,将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和外购的滚珠按常规工艺装配得到自润滑滚动轴承。

[0019] 本发明的特点还在于:

[0020] 步骤2中球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm,球铁管材的外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm。

[0021] 步骤2中垂直连铸方法中采用的结晶器为双螺旋两进两出的水冷结晶器,其结构为:包括相互套接的内筒体和外筒体,内筒体和外筒体的顶端连接有上法兰盘,内筒体和外筒体的底端连接有下法兰盘,外筒体的上部分别设有进水嘴I和进水嘴II,外筒体的下部分别设有出水嘴I和出水嘴II,内筒体的外圆上车出了双螺旋筋板,内外筒体套装后,形成了双螺旋的水流通道。

- [0022] 步骤3中球化退火处理包括以下步骤：
- [0023] a. 将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度 $Ac_1+50^{\circ}\text{C}$ , 保温55-65min;
- [0024] b. 将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度 $Ac_1-50^{\circ}\text{C}$ , 保温55-65min;
- [0025] c. 继续重复步骤a和步骤b不少于两次;
- [0026] d. 将步骤c处理的球铁管材炉冷至595-605°C, 转为空冷至常温。
- [0027] 步骤3中石墨形态要求: 石墨球化率 $\geq 90\%$ , 石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/ $\text{mm}^2$ 。
- [0028] 步骤4中等温淬火处理包括: 将内外套圈加热至880-900°C, 壁厚10mm以下的套圈, 保温50-60min, 壁厚10mm以上套圈, 厚度每增加1mm, 保温时间增加2min, 保温时间足够后, 迅速浸入230-250°C的等温介质槽中, 保持时间40-50min, 出槽后空冷, 随后转入清水槽中, 冲洗盐巴。
- [0029] 步骤5内外套圈的检验包括:
- [0030] 1) 金相组织中的石墨球化率不小于93%;
- [0031] 2) 石墨球数量不小于500个/ $\text{mm}^2$ ;
- [0032] 3) 基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上;
- [0033] 4) 材料整体硬度要求不小于HRC48。
- [0034] 步骤6中退火处理是将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760°C, 保温120min; 随后炉冷到500°C以下, 转为空冷。
- [0035] 步骤7中滚珠的硬度比内外套圈硬度高出1-2HRC。
- [0036] 本发明的有益效果是, 本发明自润滑滚动轴承, 采用超细密(超过国家标准规定的最高级别)铸态组织的球墨铸铁空心型材, 再经过球化退火和等温淬火, 最后获得具有优异机械性能的“ADI”材料, 用其制作滚动轴承的内外套圈, 同时也用球铁空心型材制作轴承的保持架, 最终制作成具有自润滑功能的滚动轴承。本发明对轴承套圈和保持架的材料选择、热加工工艺和硬度作了重大改变, 旨在把滚动轴承和自润滑滑动轴承的优点结合起来, 为冶金机械等装备制造业提供一种能长期工作在“转速较低、工作温度较高、难以经常加注润滑油脂、频繁受冲击”工况下的自润滑滚动轴承。

## 附图说明

- [0037] 图1是本发明自润滑滚动轴承的制备方法中垂直连铸成型设备中结晶器的螺旋形内筒的示意图;
- [0038] 图2是本发明自润滑滚动轴承的制备方法中垂直连铸成型设备中结晶器的装配结构示意图;
- [0039] 图3是本发明自润滑滚动轴承的制备方法中内外圈套循环球化退火的工艺曲线图;
- [0040] 图4是本发明自润滑滚动轴承的制备方法中内外圈套等温淬火的工艺曲线图;
- [0041] 图5是本发明自润滑滚动轴承的制备方法中保持架退火工艺曲线图;
- [0042] 图6是本发明自润滑滚动轴承内外套圈的金相组织图。
- [0043] 图中, 1. 内筒体, 2. 外筒体, 3. 上法兰盘, 4. 下法兰盘, 5. 进水嘴I, 6. 进水嘴II, 7.

出水嘴I,8.出水嘴II,9.双螺旋筋板。

### 具体实施方式

[0044] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0045] 本发明自润滑滚动轴承，包括内外套圈、保持架和滚珠。内外套圈、保持架和滚珠采用常规工艺装配；内外套圈的铸铁材料的成分为：C:3.3%-3.5%，Si:2.7%-2.9%，Mn:0.3%-0.5%，Cr:0.3%-0.5%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03%-0.045%，Fe为余量；保持架的铸铁材料成分为：C:3.4%-3.7%，Si:2.8%-3.1%，Mn:0.2%-0.3%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03%-0.045%，Fe为余量，上述组分质量百分比之和为100%。

[0046] 本发明还提供上述自润滑滚动轴承的制备方法，该制备方法在专利“低塑性金属空心型材的连铸成形设备”（专利号：ZL200710018928.2，公开号：101134231，公开日：2008-03-05）上实施，与原装置不同之处在于，原装置中的结晶器与本发明中结晶器的结构不同，如图1~2所示，本发明中结晶器为双螺旋两进两出的水冷结晶器，其结构为：包括相互套接的内筒体1和外筒体2，内筒体1和外筒体2的顶端连接有上法兰盘3，内筒体1和外筒体2的底端连接有下法兰盘4，外筒体2的上部分别设有进水嘴I5和进水嘴II6，外筒体2的下部分别设有出水嘴I7和出水嘴II8，内筒体1的外圆上车出了双螺旋筋板9，内外筒体套装后，形成了双螺旋的水流通道。双螺旋水道将提供更大的冷却能力。内筒体的内孔中镶着石墨套筒，是与铁水直接接触的耐高温组件，用来使铁水凝固成型材，并利用其自润滑特性使型材能被拉出结晶器。

[0047] 一种自润滑滚动轴承的制备方法，具体按照以下步骤实施：

[0048] 步骤1，用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水，内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下：C:3.4%-3.7%，Si:1.5%-1.7%，Mn:0.3%-0.5%，Cr:0.3%-0.5%，S≤0.05%，P≤0.05%，Fe和其他杂质为余量，以上各组分质量百分比总和为100%，再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%，残镁含量0.03%-0.045%；保持架的原铁水成分为：C:3.3%-3.5%，Si:2.8%-3.1%，Mn:0.2%-0.3%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03%-0.045%，Fe为余量，上述组分质量百分比之和为100%；

[0049] 步骤2，将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法，分别拉制成不同直径和壁厚的球铁管材；球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm，管材外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm；保持架型材的内外径加工余量也分别为4-5mm和3-4mm。

[0050] 步骤3，将步骤2得到的球铁管材进行球化退火处理后检测石墨形态，石墨形态要求：石墨球化率≥90%，石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/mm<sup>2</sup>；

[0051] 如图3的工艺曲线所示，球化退火处理包括以下步骤：

[0052] a. 将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度780℃，保温55-65min；

[0053] b. 将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度680℃，保温55-65min；

[0054] c. 继续重复步骤a和步骤b不少于两次；

[0055] d. 将步骤c处理的球铁管材炉冷至595-605℃，转为空冷至常温；

[0056] 步骤4，将步骤3处理的球铁管材进行锯切和车削、磨削得到内外套圈，并在车削加

工后磨削加工前,进行等温淬火处理,

[0057] 如图4所示,等温淬火处理包括:将内外套圈加热至880–900℃,壁厚10mm以下的套圈,保温50–60min,壁厚10mm以上套圈,厚度每增加1mm,保温时间增加2min,保温时间足够后,迅速浸入230–250℃的等温介质槽中,保持时间40–50min,出槽后空冷,随后转入清水槽中,冲洗盐巴;

[0058] 步骤5,对步骤4得到的内外套圈进行检验;包括:金相组织中的石墨球化率不小于93%;石墨球数量不小于500个/mm<sup>2</sup>;基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上(由于是高硅铁素体);材料整体硬度要求不小于HRC48;

[0059] 步骤6,将步骤2得到的空心型材进行退火处理,如图5所示,具体为:将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760℃,保温120min;随后炉冷到500℃以下,转为空冷,然后加工得到保持架,材料相当于牌号为QT400–18的球铁;

[0060] 步骤7,将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和外购的滚珠(或滚柱)按常规工艺装配,滚珠的硬度与内外套圈硬度高出1–2HRC,得到自润滑滚动轴承。

[0061] 本发明与现有技术相比的优点:

[0062] 1、圆整而细密分布的石墨球,既为轴承转动副摩擦提供了润滑剂,又可避免点接触疲劳损伤。如图6所示,垂直连铸的球铁管材,球化率高达90%以上,经等温淬火后进一步提高了石墨的圆整度,降低了石墨凹坑棱边和尖角处疲劳启裂的几率;石墨球数多,达到500–700个/mm<sup>2</sup>,如此细密的石墨,其最大坑口面积,仅为球铁国标中7级石墨球(200个/mm<sup>2</sup>,是传统铸造所能获得的最小石墨球)坑口面积的几十分之一,也远远小于轴承中滚珠与套圈的瞬间接触面积,故不会成为疲劳裂纹源;

[0063] 2、细密的等温淬火组织,使轴承内外套圈材料具有了良好的综合机械性能。内外套圈中20–40%的高碳奥氏体,在运行过程中,表层受滚珠的滚压后可转变为形变诱发马氏体,进一步提高了硬度和耐磨性,连铸型材中铁素体中的硅含量较高,淬火后的硬度比正常铁素体的硬度高出2–3倍,有效提高了套圈的整体强度,高碳奥氏体和高硅铁素体双相组织有效阻止了疲劳裂纹的深入发展,共同提高了材料的冲击功,延长了轴承使用寿命;

[0064] 3、本发明中的ADI材料,由强韧兼备的奥–铁组织和石墨球组成,正是这些密集分布的石墨球,为滚动轴承提供了源源不断的润滑剂;

[0065] 4、温升低。球铁材料的导热系数约为80以上,比钢的导热系数(40)大了一倍,摩擦热可以很迅速地传导出来,另外,球铁材料的抗回火性能高于钢,在较高温环境中工作,硬度不会降低。超细密ADI材料所制轴承的温升较低,可以工作于不超过等温淬火介质的温度(~200℃)环境;

[0066] 5、噪音低。ADI材料的吸震性大于钢,可以减少滚动轴承的噪音;

[0067] 6、重量轻。同样体积下ADI材料的重量比钢轻10%;

[0068] 7、与锻件毛坯相比,高速精密垂直连铸的球铁空心型材的加工余量小。

[0069] 本发明中,轴承的内外套圈,其原坯材料取自于垂直连续铸造的球墨铸铁管材,并经过了等温淬火处理,其金相为在“奥–铁组织”中嵌有细密的球状石墨。“奥–铁组织”中的富含碳与硅原子的纳米级尺寸的奥氏体和铁素体,为轴承套圈材料提供了良好的强韧性匹配,耐磨、耐冲击,20–40%的残余奥氏体既提高了耐疲劳性,又会诱发形变硬化而使套圈表面耐磨;石墨的球化率在93%以上,石墨球密度在500个/mm<sup>2</sup>以上,都达到了传统ADI组织难

以企及的高度。球状石墨为滚动摩擦提供了自润滑、吸收振动与快速导热的效果，其高度细密分布的特点又避免了引发点状接触疲劳裂纹。轴承滚珠沿用传统轴承钢，但硬度与套圈相同或略高。轴承保持架用连续铸造并经退火的球铁空心型材(QT400-18)制造。与轴承钢相比，ADI材料的淬火硬度在HRC48以上，致使它难以应用在高转速轴承上。所以，本发明将自润滑滚动轴承的适用范围，限制在“转速较低、工作温度200℃以下又难以经常润滑、频繁受冲击”的范围之内。

[0070] 实施例1

[0071] 步骤1，用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水，内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下：C:3.4%-3.7%，Si:1.5%-1.7%，Mn:0.3%-0.5%，Cr:0.3%-0.5%，S≤0.05%，P≤0.05%，Fe和其他杂质为余量，以上各组分质量百分比总和为100%，再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%，残镁含量0.03%-0.045%；保持架的原铁水成分为：C:3.3%-3.5%，Si:2.8%-3.1%，Mn:0.2%-0.3%，S≤0.05%，P≤0.05%，残镁含量0.03%-0.045%，Fe为余量，上述组分质量百分比之和为100%；

[0072] 步骤2，将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法，分别拉制成不同直径和壁厚的球铁管材；球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm，管材外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm；保持架型材的内外径加工余量也分别为4-5mm和3-4mm。

[0073] 步骤3，将步骤2得到的球铁管材进行球化退火处理后检测石墨形态，石墨形态要求：石墨球化率≥90%，石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/mm<sup>2</sup>；

[0074] 球化退火处理包括以下步骤：

[0075] a. 将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度780℃，保温60min；

[0076] b. 将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度680℃，保温55min；

[0077] c. 继续重复步骤a和步骤b不少于两次；

[0078] d. 将步骤c处理的球铁管材炉冷至600℃，转为空冷至常温；

[0079] 步骤4，将步骤3处理的球铁管材进行锯切和车削、磨削得到内外套圈，并在车削加工后磨削加工前，进行等温淬火处理，

[0080] 等温淬火处理包括：将内外套圈加热至880℃，壁厚10mm以下的套圈，保温50min，壁厚10mm以上套圈，厚度每增加1mm，保温时间增加2min，保温时间足够后，迅速浸入250℃的等温介质槽中，保持时间40min，出槽后空冷，随后转入清水槽中，冲洗盐巴；

[0081] 步骤5，对步骤4得到的内外套圈进行检验；包括：金相组织中的石墨球化率不小于93%；石墨球数量不小于500个/mm<sup>2</sup>；基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上；材料整体硬度要求不小于HRC48；

[0082] 步骤6，将步骤2得到的空心型材进行退火处理，具体为：将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760℃，保温120min；随后炉冷到500℃以下，转为空冷，然后加工得到保持架，牌号为QT400-18；

[0083] 步骤7，将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和外购的滚珠(或滚柱)按常规工艺装配，滚珠的硬度与内外套圈硬度高出1-2HRC，得到自润滑滚动轴承。

[0084] 实施例2

[0085] 步骤1，用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水，内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下：C:3.4%-3.7%，Si:1.5%-1.7%，Mn:0.3%-0.5%，Cr:0.3%-0.5%，S

$\leq 0.05\%$ ,  $P \leq 0.05\%$ , Fe和其他杂质为余量,以上各组分质量百分比总和为100%,再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%,残镁含量0.03%-0.045%;保持架的原铁水成分为:C:3.3%-3.5%,Si:2.8%-3.1%,Mn:0.2%-0.3%,S $\leq 0.05\%$ ,P $\leq 0.05\%$ ,残镁含量0.03%-0.045%,Fe为余量,上述组分质量百分比之和为100%;

[0086] 步骤2,将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法,分别拉制成不同直径和壁厚的球铁管材;球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm,管材外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm;保持架型材的内外径加工余量也分别为4-5mm和3-4mm。

[0087] 步骤3,将步骤2得到的球铁管材进行球化退火处理后检测石墨形态,石墨形态要求:石墨球化率 $\geq 90\%$ ,石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/ $\text{mm}^2$ ;

[0088] 球化退火处理包括以下步骤:

[0089] a.将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度780°C,保温55min;

[0090] b.将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度680°C,保温60min;

[0091] c.继续重复步骤a和步骤b不少于两次;

[0092] d.将步骤c处理的球铁管材炉冷至595°C,转为空冷至常温;

[0093] 步骤4,将步骤3处理的球铁管材进行锯切和车削、磨削得到内外套圈,并在车削加工后磨削加工前,进行等温淬火处理,

[0094] 等温淬火处理包括:将内外套圈加热至900°C,壁厚10mm以下的套圈,保温55min,壁厚10mm以上套圈,厚度每增加1mm,保温时间增加2min,保温时间足够后,迅速浸入240°C的等温介质槽中,保持时间45min,出槽后空冷,随后转入清水槽中,冲洗盐巴;

[0095] 步骤5,对步骤4得到的内外套圈进行检验;包括:金相组织中的石墨球化率不小于93%;石墨球数量不小于500个/ $\text{mm}^2$ ;基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上;材料整体硬度要求不小于HRC48;

[0096] 步骤6,将步骤2得到的空心型材进行退火处理,具体为:将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760°C,保温120min;随后炉冷到500°C以下,转为空冷,然后加工得到保持架,牌号为QT400-18;

[0097] 步骤7,将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和外购的滚珠(或滚柱)按常规工艺装配,滚珠的硬度与内外套圈硬度高出1-2HRC,得到自润滑滚动轴承。

[0098] 实施例3

[0099] 步骤1,用面包生铁、废钢和铁合金配置材料并熔化铁水,内外圈套的原铁水的质量百分比组分如下:C:3.4%-3.7%,Si:1.5%-1.7%,Mn:0.3%-0.5%,Cr:0.3%-0.5%,S $\leq 0.05\%$ ,P $\leq 0.05\%$ ,Fe和其他杂质为余量,以上各组分质量百分比总和为100%,再通过孕育和球化处理使铁水的终硅量为2.7%-2.9%,残镁含量0.03%-0.045%;保持架的原铁水成分为:C:3.3%-3.5%,Si:2.8%-3.1%,Mn:0.2%-0.3%,S $\leq 0.05\%$ ,P $\leq 0.05\%$ ,残镁含量0.03%-0.045%,Fe为余量,上述组分质量百分比之和为100%;

[0100] 步骤2,将步骤1中的铁水通过垂直连铸方法,分别拉制成不同直径和壁厚的球铁管材;球铁管材的内径比轴承内外套圈成品内径小4-5mm,管材外径比轴承内外套圈成品外径大3-4mm;保持架型材的内外径加工余量也分别为4-5mm和3-4mm。

[0101] 步骤3,将步骤2得到的球铁管材进行球化退火处理后检测石墨形态,石墨形态要求:石墨球化率 $\geq 90\%$ ,石墨球密度在100倍显微镜下不少于500个/ $\text{mm}^2$ ;

- [0102] 球化退火处理包括以下步骤：
  - [0103] a. 将球铁管材在井式或箱式热处理炉中升温至共析转变温度780℃，保温65min；
  - [0104] b. 将步骤a处理的球铁管材炉冷至共析转变温度680℃，保温65min；
  - [0105] c. 继续重复步骤a和步骤b不少于两次；
  - [0106] d. 将步骤c处理的球铁管材炉冷至605℃，转为空冷至常温；
- [0107] 步骤4，将步骤3处理的球铁管材进行锯切和车削、磨削得到内外套圈，并在车削加工后磨削加工前，进行等温淬火处理，
  - [0108] 等温淬火处理包括：将内外套圈加热至890℃，壁厚10mm以下的套圈，保温60min，壁厚10mm以上套圈，厚度每增加1mm，保温时间增加2min，保温时间足够后，迅速浸入230℃的等温介质槽中，保持时间50min，出槽后空冷，随后转入清水槽中，冲洗盐巴；
  - [0109] 步骤5，对步骤4得到的内外套圈进行检验；包括：金相组织中的石墨球化率不小于93%；石墨球数量不小于500个/mm<sup>2</sup>；基体组织中铁素体的硬度比正常铸造组织中铁素体的硬度高出一倍以上；材料整体硬度要求不小于HRC48；
  - [0110] 步骤6，将步骤2得到的空心型材进行退火处理，具体为：将球铁管材在井式或箱式炉中升温至共析转变温度760℃，保温120min；随后炉冷到500℃以下，转为空冷，然后加工得到保持架，牌号为QT400-18；
  - [0111] 步骤7，将步骤5得到的内外套圈、步骤6得到的保持架和外购的滚珠（或滚柱）按常规工艺装配，滚珠的硬度与内外套圈硬度高出1-2HRC，得到自润滑滚动轴承。

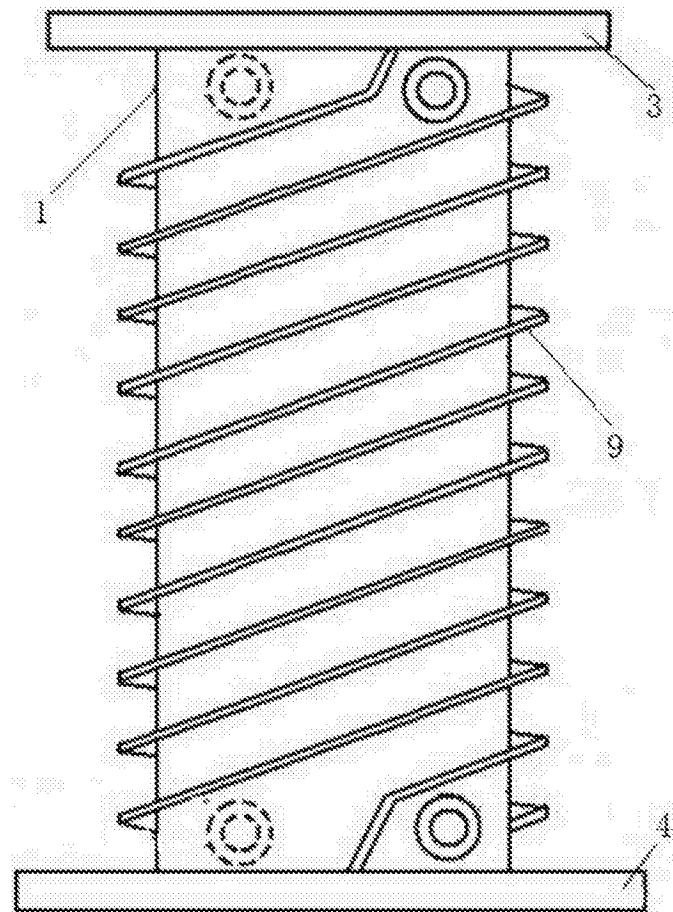


图1

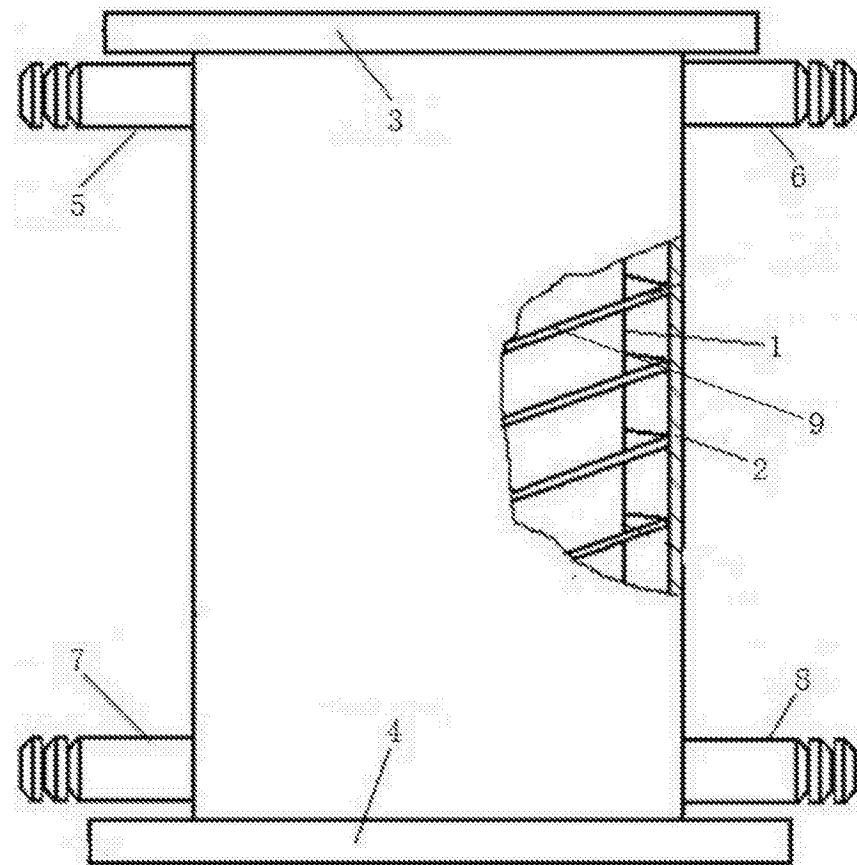


图2

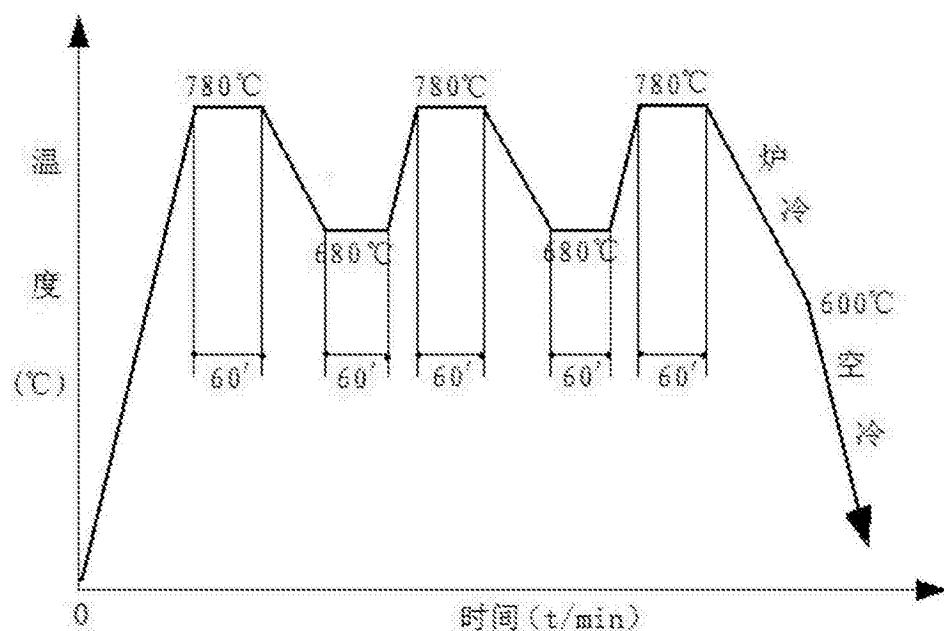


图3

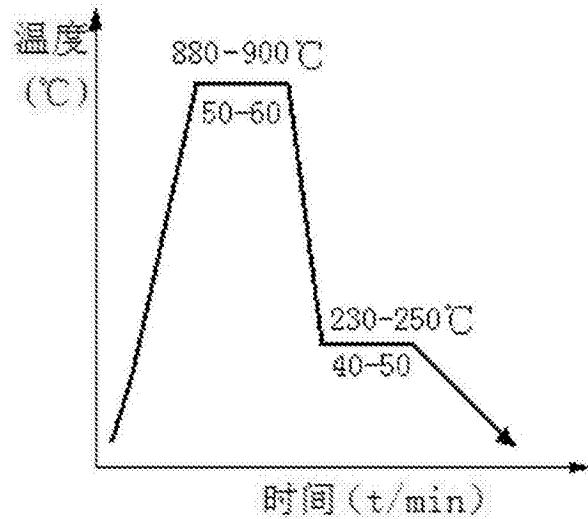


图4

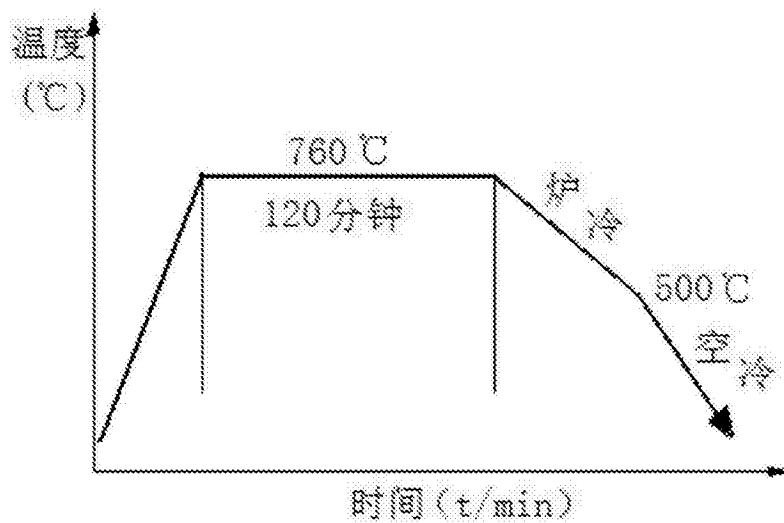


图5

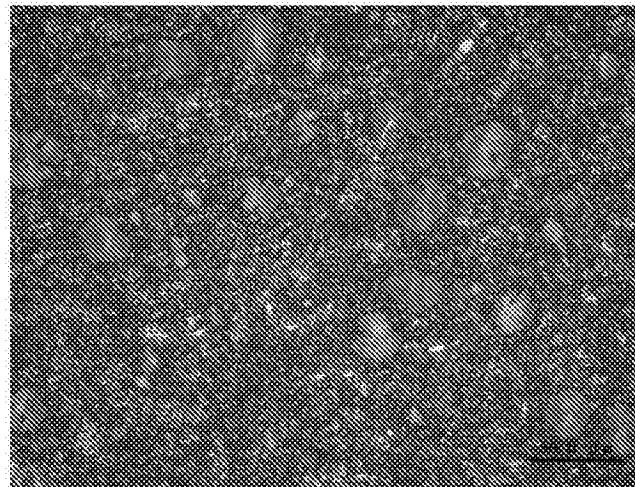


图6