



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114226671 A

(43) 申请公布日 2022.03.25

(21) 申请号 202111565638.6	C21D 1/32 (2006.01)
(22) 申请日 2021.12.20	C21D 6/00 (2006.01)
(71) 申请人 宝武杰富意特殊钢有限公司	C21D 8/00 (2006.01)
地址 512100 广东省韶关市曲江区马坝镇	C21D 9/40 (2006.01)
韶钢特棒厂内	C22C 33/04 (2006.01)
(72) 发明人 邓湘斌 胡昭锋 刘年富 黄铸铭	C22C 38/02 (2006.01)
吴学兴 张正波 廖美华 钟凡	C22C 38/04 (2006.01)
何健楠	C22C 38/20 (2006.01)
(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务	C22C 38/22 (2006.01)
所(特殊普通合伙) 11463	C22C 38/28 (2006.01)
代理人 程晓	C22C 38/42 (2006.01)
(51) Int. Cl.	C22C 38/44 (2006.01)
B22D 11/16 (2006.01)	C22C 38/50 (2006.01)
B22D 11/22 (2006.01)	
C21D 1/18 (2006.01)	

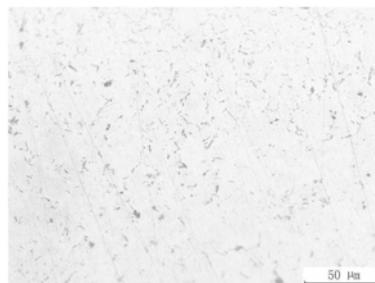
权利要求书2页 说明书9页 附图1页

(54) 发明名称

一种轴承钢及其生产方法和轴承套圈及其生产方法

(57) 摘要

本发明属于冶金连铸技术领域,具体涉及一种轴承钢及其生产方法和轴承套圈及其生产方法,该轴承钢的生产方法包括进行轻压下,其过程包括:在距离结晶器上口19-21米处轻压下,控制 $0.5 \leq \text{固相率} < 0.7$ ,压下率 $0.5-1\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量 $15-25\%$ ;在距离结晶器上口22-24米处轻压下,控制 $0.7 \leq \text{固相率} < 0.85$ ,压下率 $2-2.5\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量 $45-55\%$ ;在距离结晶器上口25-27米处轻压下,控制 $0.85 \leq \text{固相率} < 0.1$ ,压下率 $2.5-3\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量 $20-40\%$ 。本发明的轴承套圈均能稳定达到JB/T1255的1级要求,且提高轴承套圈的疲劳寿命。



1. 一种轴承钢的生产方法,包括在连铸机中进行方坯连铸,其中,所述方坯连铸中,在所述连铸机对带液芯的铸坯进行轻压下,其特征在于,所述轻压下的过程包括:沿所述铸坯的长度延伸方向,

在距离其所采用的结晶器上口19-21米处进行第一轻压下,且控制 $0.5 \leq \text{固相率} < 0.7$ ,压下率为0.5-1mm/m,压下量占总压下量的15-25%;

在距离其所采用的结晶器上口22-24米处进行第二轻压下,且控制 $0.7 \leq \text{固相率} < 0.85$ ,压下率为2-2.5mm/m,压下量占总压下量的45-55%;

在距离其所采用的结晶器上口25-27米处进行第三轻压下,且控制 $0.85 \leq \text{固相率} < 0.1$ ,压下率为2.5-3mm/m,压下量占总压下量的20-40%。

2. 根据权利要求1所述的生产方法,其中,所述总压下量为12-18mm。

3. 根据权利要求1所述的生产方法,其中,所述生产方法还包括:在所述方坯连铸中,对带液芯的铸坯进行二次冷却;且所述二次冷却的条件包括:由上往下分为四段冷却,由上往下四段冷却的水量分别占冷却总水量的38-42%、28-32%、18-22%、8-12%。

4. 根据权利要求1或3所述的生产方法,其中,所述方坯连铸的条件包括:

控制恒定拉速为0.76-0.95m/min,比水量为0.2-0.22L/kg,钢水过热度控制在10-30℃;

和/或,控制所述结晶器的电磁搅拌参数为(570-630) A/(2.3-2.7) Hz,控制所述铸坯的凝固末端电磁搅拌参数为(380-420) A/(4.7-5.3) Hz。

5. 根据权利要求1所述的生产方法,其中,所述生产方法还包括:

在进行所述方坯连铸之前,依次进行冶炼、精炼、RH真空脱气;

在进行所述方坯连铸之后,依次进行铸坯缓冷、加热轧制;

优选地,所述加热轧制的条件包括:高温段温度为1230-1250℃,高温段时间 $\geq 180$ min。

6. 一种轴承钢,其特征在于,其通过权利要求1-5中任意一项所述的生产方法制备得到。

7. 根据权利要求6所述的轴承钢,其中,所述轴承钢的组成包括如下含量的元素:以质量百分比计,C:0.95-1.05%,Si:0.15-0.35%,Mn:0.25-0.45%, $P \leq 0.02\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $Cu \leq 0.25\%$ , $Ni \leq 0.1\%$ , $Mo \leq 0.1\%$ ,Cr:1.35-1.65%, $Ti \leq 0.0025\%$ , $O \leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质;

优选地,C:0.96-1%,Si:0.2-0.3%,Mn:0.35-0.45%, $P \leq 0.02\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $Cu \leq 0.25\%$ , $Ni \leq 0.1\%$ , $Mo \leq 0.1\%$ ,Cr:1.5-1.6%, $Ti \leq 0.0025\%$ , $O \leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质;

优选地, $Mo: 0.03-0.06\%$ ;和/或,Ni和Cu含量之和为0.1-0.15%。

8. 根据权利要求6所述的轴承钢,其中,所述轴承钢的碳化物带状组织级别 $\leq 2.0$ 级,碳偏析在0.07%以下。

9. 一种轴承套圈,其特征在于,其通过权利要求6-8中任意一项所述的轴承钢加工得到;所述轴承套圈满足:按照JB/T1255-2014进行屈氏体评级,其在距工作面3mm以内和在工作面3mm以外,均为1级。

10. 权利要求9所述的轴承套圈的生产方法,其特征在于,包括:

将所述轴承钢进行加热锻造,再进行球化退火、车加工、淬回火和磨加工;

优选地,所述淬回火的过程包括:先进行淬火,淬火温度为830-860℃,淬火保温时间为50-60min;接着采用淬火油冷却,淬火油温度为95-115℃,且控制油槽搅拌速度为30-40Hz;然后进行回火,回火温度为175-195℃,回火时间 $\geq$ 120min。

## 一种轴承钢及其生产方法和轴承套圈及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金连铸技术领域,具体涉及一种轴承钢及其生产方法和轴承套圈及其生产方法。

### 背景技术

[0002] GCr15轴承钢是高碳铬轴承钢系列中使用最广泛的一个产品,常用于制造各种型号的轴承套圈。套圈在热处理过程中,会产生不同程度的屈氏体,影响轴承的疲劳寿命。

[0003] 目前采用GCr15材料制造的轴承套圈,壁厚 $\leq 12\text{mm}$ 的套圈,热处理之后的屈氏体组织,可以达到JB/T1255的1级要求。但是对壁厚 $> 12\text{mm}$ 的套圈,热处理之后的屈氏体组织,无法稳定达到JB/T1255的1级要求。

### 发明内容

[0004] 本发明的目的是为了克服现有技术存在的轴承套圈在热处理过程中,仍会产生部分不同程度的屈氏体,影响轴承套圈的疲劳寿命的缺陷,提供一种轴承钢及其生产方法和轴承套圈及其生产方法,该轴承套圈无论壁厚在 $12\text{mm}$ 以上或以下,均能稳定达到JB/T1255的1级要求,且提高轴承套圈的疲劳寿命。

[0005] 为了实现上述目的,第一方面,本发明提供了一种轴承钢的生产方法,包括在连铸机中进行方坯连铸,其中,所述方坯连铸中,在所述连铸机中对带液芯的铸坯进行轻压下,所述轻压下的过程包括:沿所述铸坯的长度延伸方向,

[0006] 在距离其所采用的结晶器上口 $19-21\text{米}$ 处进行第一轻压下,且控制 $0.5 \leq \text{固相率} < 0.7$ ,压下率为 $0.5-1\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量的 $15-25\%$ ;

[0007] 在距离其所采用的结晶器上口 $22-24\text{米}$ 处进行第二轻压下,且控制 $0.7 \leq \text{固相率} < 0.85$ ,压下率为 $2-2.5\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量的 $45-55\%$ ;

[0008] 在距离其所采用的结晶器上口 $25-27\text{米}$ 处进行第三轻压下,且控制 $0.85 \leq \text{固相率} < 0.1$ ,压下率为 $2.5-3\text{mm/m}$ ,压下量占总压下量的 $20-40\%$ 。

[0009] 在一些实施方式中,所述总压下量为 $12-18\text{mm}$ 。

[0010] 在一些实施方式中,所述生产方法还包括:在所述方坯连铸中,对带液芯的铸坯进行二次冷却;且所述二次冷却的条件包括:由上往下分为四段冷却,由上往下四段冷却的水量分别占冷却总水量的 $38-42\%$ 、 $28-32\%$ 、 $18-22\%$ 、 $8-12\%$ 。

[0011] 在一些实施方式中,所述方坯连铸的条件包括:控制恒定拉速为 $0.76-0.95\text{m/min}$ ,比水量为 $0.2-0.22\text{L/kg}$ ,钢水过热度控制在 $10-30^\circ\text{C}$ 。

[0012] 在一些实施方式中,控制所述结晶器的电磁搅拌参数为 $(570-630)\text{A}/(2.3-2.7)\text{Hz}$ ,控制所述铸坯的凝固末端电磁搅拌参数为 $(380-420)\text{A}/(4.7-5.3)\text{Hz}$ 。

[0013] 在一些实施方式中,所述生产方法还包括:

[0014] 在进行所述方坯连铸之前,依次进行冶炼、精炼、RH真空脱气;

[0015] 在进行所述方坯连铸之后,依次进行铸坯缓冷、加热轧制。

[0016] 在一些实施方式中,所述加热轧制的条件包括:高温段温度为1230-1250℃,高温段时间 $\geq$ 180min。

[0017] 第二方面,本发明提供一种轴承钢,其通过第一方面所述的生产方法制备得到。

[0018] 在一些实施方式中,所述轴承钢的组成包括如下含量的元素:以质量百分比计,C:0.95-1.05%,Si:0.15-0.35%,Mn:0.25-0.45%, $P\leq 0.02\%$ , $S\leq 0.005\%$ , $Cu\leq 0.25\%$ , $Ni\leq 0.1\%$ , $Mo\leq 0.1\%$ ,Cr:1.35-1.65%, $Ti\leq 0.0025\%$ , $O\leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0019] 优选地,C:0.96-1%,Si:0.2-0.3%,Mn:0.35-0.45%, $P\leq 0.02\%$ , $S\leq 0.005\%$ , $Cu\leq 0.25\%$ , $Ni\leq 0.1\%$ , $Mo\leq 0.1\%$ ,Cr:1.5-1.6%, $Ti\leq 0.0025\%$ , $O\leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0020] 优选地, $Mo:0.03-0.06\%$ ;和/或,Ni和Cu含量之和为0.1-0.15%。

[0021] 在一些实施方式中,所述轴承钢的碳化物带状组织级别 $\leq 2.0$ 级,碳偏析在0.07%以下。

[0022] 第三方面,本发明提供一种轴承套圈,其通过第二方面所述的轴承钢加工得到。

[0023] 优选地,所述轴承套圈满足:按照JB/T1255-2014进行屈氏体评级,其在距工作面3mm以内和在工作面3mm以外,均为1级。

[0024] 第四方面,本发明提供第三方面所述的轴承套圈的生产方法,包括:将所述轴承钢进行加热锻造,再进行球化退火、车加工、淬回火和磨加工。

[0025] 优选地,所述淬回火的过程包括:先进行淬火,淬火温度为830-860℃;淬火保温时间为50-60min;接着采用淬火油冷却,淬火油温度为95-115℃,且控制油槽搅拌速度为30-40Hz;然后进行回火,回火温度为175-195℃,回火时间 $\geq 120$ min。

[0026] 本发明的发明人在研究过程中发现,根据钢在固液两相区高温力学性能特性,两相区分为液相填充区和裂纹敏感区;对于液相填充区,在该区域裂纹会被渗入的液相填充而消失;对于裂纹敏感区,在该区域密集的树枝晶阻碍了液相填充,使裂纹无法弥合而存留下来。若在裂纹敏感区实施轻压下,由于钢在两相区的临界强度很低,连铸坯凝固前沿承受的拉应变超过某一临界值,或拉应力超过钢的凝固温度附近的强度时,连铸坯就可能在凝固前沿产生沿晶裂纹,并在凝固前沿扩展成中间裂纹。因此,连铸轻压下作用区域应该避开裂纹敏感区间。基于此,进而提出本发明。

[0027] 本发明通过上述技术方案,尤其是在动态调整的轻压下工艺中,通过三段式轻压下的合理控制,具体采用对不同固液区采取动态的压下率、压下量控制以及合适的压下区域划分,既能避开裂纹敏感区间,又能使得压下量的大小能够完全补偿压下区间内的凝固收缩,从而能显著减少铸坯裂纹的产生,同时控制铸坯的偏析及疏松。且,采用三段式轻压下,能够使压下量与固相率实现更好的匹配,保证铸坯质量,同时使得轻压下工艺实施稳定、可靠;避免前期无压下量时产生过度偏析,固相率太低,压下量过大,造成过度压下时产生裂纹;中后期固相率太高,压下量过小,则无法达到改善铸坯偏析及疏松的目的,压下量过大时设备过载,经常跳闸,导致压下工艺不能稳定实施。

[0028] 进一步的,发明人还发现,根据连铸坯凝固传热数学模拟,方坯连铸条件(例如拉速、比水量、过热度)和二次冷却方式的变化,将会导致固液两相区位置和两相区区间范围变化,其会影响后续的动态轻压下工艺,从而影响铸坯质量。对此,在本发明优选的二次冷

却或优选的方坯连铸条件的方案中,通过对上述参数的合理控制,使其与动态调整的轻压下工艺配合,进一步减少铸坯的裂纹的产生,铸坯更为均匀,从而使得轴承圈工作面内外屈氏体组织均控制在1级,组织更为均匀,避免工作面外屈氏体组织的过度发展,导致轴承圈整体寿命降低,使用性能降低。

### 附图说明

[0029] 图1是本发明实施例1所得轴承钢的碳化物带状组织图。

[0030] 图2是本发明实施例1所得轴承套圈的屈氏组织图。

### 具体实施方式

[0031] 在本文中披露的范围的端点和任何值都不限于该精确的范围或值,这些范围或值应当理解为包含接近这些范围或值的值。对于数值范围来说,各个范围的端点值之间、各个范围的端点值和单独的点值之间,以及单独的点值之间可以彼此组合而得到一个或多个新的数值范围,这些数值范围应被视为在本文中具体公开。

[0032] 本发明中,“压下量”指轻压下工艺中辊缝收缩总量,包括连铸铸坯凝固收缩量和实际作用在连铸铸坯上的压下量。“压下率”是指压下量 $\Delta h$ 与铸坯压下区间总长度L之比的百分数(%),其中L是指每段开始压下至压下结束的铸坯压下总长度。“固相率”是指铸坯凝固率。

[0033] 本发明的发明人研究发现,在轻压下工艺中,压下量过小时,由于凝固收缩得不到充分补偿,对于中心缩孔的改善并不明显;压下量过大时,铸坯承受挤压过度,可能会引起尚未凝固且富集溶质元素的钢液流到相邻的鼓肚区,出现白亮带、负偏析,甚至导致铸坯内裂,或引起对轻压下区夹辊的损伤。因此,压下量的大小要能够完全补偿压下区间内的凝固收缩,同时避免连铸坯产生内裂,且压下时产生的反作用力要在铸机扇形段许可载荷范围内;否则会影响铸坯质量,影响铸机的可靠运行、稳定实施。

[0034] 对此,第一方面,本发明提供了一种轴承钢的生产方法,包括在连铸机中进行方坯连铸,其中,所述方坯连铸中,在所述连铸机中对带液芯的铸坯进行轻压下,所述轻压下的过程包括:沿所述铸坯的长度延伸方向,

[0035] 在距离其所采用的结晶器上口19-21米处进行第一轻压下,且控制 $0.5 \leq \text{固相率} < 0.7$ ,压下率为0.5-1mm/m,压下量占总压下量的15-25%;

[0036] 在距离其所采用的结晶器上口22-24米处进行第二轻压下,且控制 $0.7 \leq \text{固相率} < 0.85$ ,压下率为2-2.5mm/m,压下量占总压下量的45-55%;

[0037] 在距离其所采用的结晶器上口25-27米处进行第三轻压下,且控制 $0.85 \leq \text{固相率} < 0.1$ ,压下率为2.5-3mm/m,压下量占总压下量的20-40%。

[0038] 可以理解的是,所述总压下量是指在所述轻压下过程中到达铸坯凝固末端后总的压下量;所述铸坯凝固末端是指铸坯完全凝固完成。

[0039] 一般地,所述方坯连铸中采用结晶器,钢水经所述结晶器形成带液芯的铸坯。

[0040] 本发明中,所述“距离其所采用的结晶器上口19-21米处”是指,沿所述铸坯的长度延伸方向,在铸坯的距离其所采用的结晶器上口的19-21米处。示例性的,包括19米处,19.5米处,20米处,20.5米处,21米处,21.4米处以及相邻点值之间的任一值。

[0041] 同样的,“距离其所采用的结晶器上口22-24米处”是指,沿所述铸坯的长度延伸方向,在铸坯的距离其所采用的结晶器上口22-24米处。示例性的,包括21.5米处,22米处,22.5米处,23米处,23.5米处,24米处,24.4米处以及相邻点值之间的任一值。

[0042] 同样的,“距离其所采用的结晶器上口25-27米处”是指,沿所述铸坯的长度延伸方向,在铸坯的距离其所采用的结晶器上口25-27米处。示例性的,包括24.5米处,25米处,25.5米处,26米处,26.5米处,27米处,27.4米处以及相邻点值之间的任一值。

[0043] 在上述生产方法中,本发明首先提前进行所述第一轻压下,针对GCr15易于偏析的情况,提前进行轻压下,即在初始阶段在距离结晶器上口19-21米处进行所述第一轻压下,可避免初始阶段(也即第一阶段)液相过多导致尚未凝固且富集溶质元素的钢液流到相邻的鼓肚区,出现白亮带、负偏析;且在初始阶段的较大固相率情况下采用小压下率和小占比压下量,能避免初始阶段过度压下,压下速度过快,凝固收缩得不到充分补偿,会加剧中心缩孔产生。其次进行所述第二轻压下(即第二阶段),在第二阶段,距离结晶器上口更远处,在大固相率情况下采用更大压下率和更大占比压下量实施第二轻压下,能够通过适度增大压下量,完全补偿压下区间内的凝固收缩,在第一阶段避免铸坯承受挤压过度前提下,第二阶段产生适度挤压,同时避免铸坯产生内裂,且压下时产生的反作用力在铸机扇形段许可载荷范围内,减少了中心缩孔产生,提高铸坯组织均匀性,减少偏析。然后进行所述第三轻压下(即第三阶段),在第三阶段,距离结晶器上口最远处,在进一步更大固相率的接近凝固状态情况下采用进一步更大压下率和更小占比压下量实施第三轻压下,能微调凝固收缩过程,使缩孔等缺陷得到液相充分补偿,铸坯承受充足的挤压,使组织更为致密化。

[0044] 总之,本发明提供的轴承钢的生产方法,通过合理设置适宜的压下区间及压下率,特别的,轻压下分三个阶段实施,且压下量及压下率与铸坯的固相率相适配,取得了好的轻压下效果,能够使得压下量充分补偿凝固收缩,从而能够显著改善铸坯偏析及疏松,显著减少铸坯裂纹的产生;同时保证铸机稳定、可靠运行。而在相同条件下,若固相率太低,压下量过大,容易产生内部裂纹,固相率太高,压下量过小,则无法达到改善铸坯偏析及疏松的目的。

[0045] 本领域技术人员可以根据钢种特性设定凝固末端轻压下的总压下量。

[0046] 在一些实施方式中,所述总压下量为12-18mm。该优选方案尤其适用于GCr15轴承钢。

[0047] 在所述方坯连铸中,通常需要进行冷却,一般地,钢水先在结晶器内进行一次冷却。

[0048] 在一些实施方式中,所述生产方法还包括:在所述方坯连铸中,对带液芯的铸坯进行二次冷却。

[0049] 可以理解的是,二次冷却在所述结晶器内的一次冷却之后的二冷区内进行;且在进行所述轻压下的同时,进行所述二次冷却,为本领域所公知,在此不再赘述。

[0050] 优选地,所述二次冷却的条件包括:由上往下分为四段冷却(分别为一段冷却、二段冷却、三段冷却、四段冷却),由上往下四段冷却的水量分别占冷却总水量的38-42%、28-32%、18-22%、8-12%。在这些优选方案中,能够控制铸坯的冷却与压下量相适配,更利于控制铸坯的内部及表面质量。

[0051] 可以理解的是,在所述二次冷却中,靠近钢水的方向为上,反之为下。

[0052] 在上述优选方案中,本发明尤其适合用于GCr15钢的生产。现有技术中由于GCr15属于高碳高合金钢,碳含量、合金含量高会导致铸坯更易偏析,铸坯冷却凝固时组织发展不均匀,更易形成疏松、偏析等缺陷。而本发明特别的采用适宜水量分配的四段冷却,尤其是适当降低一段冷却水量,适当提高二段冷却水量,适当降低四段冷却水量,能够避免过早冷却水量大,铸坯过度冷却,铸坯凝固组织发展过度,不利于铸坯组织均匀性,增加中间过程冷却水量,可保证铸坯凝固组织适度发展,有利于铸坯组织凝固均匀性,避免GCr15铸坯产生疏松等缺陷的产生,降低四段冷却水量,可在铸坯组织凝固得到控制的同时避免过度过快冷却产生裂纹等缺陷。

[0053] 本发明对相邻两段冷却之间的间隔距离没有任何限制,本领域技术人员可以按照现有的设置进行。现有技术中通常在二次冷却中采用三段或两段冷却。

[0054] 本领域技术人员可以根据现有方法或传统经验优化所述方坯连铸的条件。

[0055] 在一些实施方式中,所述方坯连铸的条件包括:控制恒定拉速为0.76-0.95m/min,比水量为0.2-0.22L/kg,钢水过热度控制在10-30℃。在该优选方案中,采用较小的比水量,配合较高的拉速,配合上述四段冷却,能在保证强冷却效果的同时,减少水消耗,节约用水,提高生产效率;还能够控制凝固末端,保证各段轻压下实施时具有合适的固相率,尤其是,其能够延迟固相率,使所述第一轻压下的初始位置(即距离结晶器上口19-21米处)便于控制,从而使第一轻压下初始位置时固相率控制在所需的适宜范围。

[0056] 本发明中,所述恒定拉速、比水量、钢水过热度具有本领域常规释义,为本领域所公知,在此不再赘述。

[0057] 本领域技术人员可以根据实际需求优化所述结晶器的工艺条件。

[0058] 在一些实施方式中,控制所述结晶器的电磁搅拌参数为(570-630)A/(2.3-2.7)Hz,控制所述铸坯的凝固末端电磁搅拌参数为(380-420)A/(4.7-5.3)Hz。

[0059] 在本发明轴承钢的生产方法中,本领域技术人员可以根据实际需求或常规方法,在进行所述方坯连铸之前和/或之后,还进行一些其他处理步骤,以生产得到轴承钢。

[0060] 在一些实施方式中,所述生产方法还包括:

[0061] 在进行所述方坯连铸之前,依次进行冶炼、精炼、RH真空脱气;

[0062] 在进行所述方坯连铸之后,依次进行铸坯缓冷、加热轧制。

[0063] 本发明对所述冶炼、精炼、RH真空脱气、铸坯缓冷、加热轧制中分别采用的设备没有任何限制,例如冶炼可以采用转炉冶炼。本领域技术人员可以根据实际需求,对所述冶炼、精炼、RH真空脱气、铸坯缓冷、加热轧制中的工艺参数分别进行优化。

[0064] 所述冶炼、精炼、RH真空脱气中的工艺参数分别按照现有技术进行即可,本发明对此没有任何限制。

[0065] 在所述铸坯缓冷中,优选地,缓冷温度 $\geq 600^{\circ}\text{C}$ ,缓冷时间 $\geq 48$ 小时。

[0066] 在所述加热轧制中,一般地,所述加热包括预加热段、高温段,所述高温段分为加热段和均热段,可以理解的是,通过预加热段进行升温,再通过加热段进行高温升温,至所需高温温度后进行均热段的保温;所述轧制包括在轧机中进行多道次轧制。本领域技术人员可以根据实际需求对各个工艺阶段的条件在现有方案中进行选择或者进行优化。

[0067] 在一些实施方式中,所述加热轧制的条件包括:高温段温度为1230-1250℃,高温段时间(也称保温或均热的时间) $\geq 180$ min。所述加热轧制的条件可以按照现有过程进行。

[0068] 第二方面,本发明提供一种轴承钢,其通过第一方面所述的生产方法制备得到。

[0069] 本发明中所述轴承钢的原料钢水的组成可以按照现有技术进行,一般地,原料钢水的组成与所得轴承钢的组成相同。

[0070] 在一些实施方式中,所述轴承钢的组成包括如下含量的元素:以质量百分比计,C:0.95-1.05%,Si:0.15-0.35%,Mn:0.25-0.45%, $P \leq 0.02\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $Cu \leq 0.25\%$ , $Ni \leq 0.1\%$ , $Mo \leq 0.1\%$ ,Cr:1.35-1.65%, $Ti \leq 0.0025\%$ , $O \leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0071] 优选地,C:0.96-1%,Si:0.2-0.3%,Mn:0.35-0.45%, $P \leq 0.02\%$ , $S \leq 0.005\%$ , $Cu \leq 0.25\%$ , $Ni \leq 0.1\%$ , $Mo \leq 0.1\%$ ,Cr:1.5-1.6%, $Ti \leq 0.0025\%$ , $O \leq 0.0007\%$ ,余量为Fe及不可避免的杂质。

[0072] 优选地, $Mo:0.03-0.06\%$ ,和/或,Ni和Cu含量之和为0.1-0.15%。

[0073] 本发明提供的轴承钢,由于采用第一方面所述的生产方法制得,具有分布均匀、颗粒细小的碳化物带状组织。

[0074] 在一些实施方式中,所述轴承钢的碳化物带状组织级别 $\leq 2.0$ 级,碳偏析在0.07%以下,优选碳偏析在0.06%以下。

[0075] 第三方面,本发明提供一种轴承套圈,其通过第二方面所述的轴承钢加工得到。

[0076] 本发明中,优选地,所述轴承套圈满足:按照JB/T1255-2014进行屈氏体评级,其在距工作面3mm以内和在工作面3mm以外,均为1级。

[0077] 本发明提供的轴承套圈无论壁厚在12mm以上或以下,均能稳定达到JB/T1255的1级要求,且能够避免裂纹,其疲劳寿命能够显著提高。

[0078] 第四方面,本发明提供第三方面所述的轴承套圈的生产方法,包括:将所述轴承钢进行加热锻造,再进行球化退火、车加工、淬回火和磨加工。

[0079] 本领域技术人员可以根据实际需求选择或优化所述加热锻造、球化退火、车加工、淬回火和磨加工中分别采用的设备以及工艺条件。

[0080] 对于所述加热锻造的对象,即轴承钢(也称套圈毛坯),本领域技术人员可以根据需求选择其尺寸;例如,轴承钢的壁厚为12-25mm。对于壁厚不小于12mm的轴承钢,本发明仍能获得好的效果,满足要求。

[0081] 在一些实施方式中,所述加热锻造的条件包括:锻造温度为1080-1120℃。本领域技术人员可以根据需求选择所述锻造的时间。

[0082] 优选地,所述淬回火的过程包括:先进行淬火,淬火温度为830-860℃;淬火保温时间为50-60min;接着采用淬火油冷却,淬火油温度为95-115℃,且控制油槽搅拌速度为30-40Hz;然后进行回火,回火温度为175-195℃,回火时间 $\geq 120$ min。

[0083] 下面结合实施例对本发明进行更详细的阐述。

[0084] 实施例1

[0085] 1、轴承钢的生产过程如下:

[0086] (1) 先将部分原料进行转炉冶炼,再加入其它原料进行LF炉外精炼。其中,上述加入的原料的总组成满足表1所示的组成。

[0087] (2) RH真空脱气。

[0088] (3) 方坯连铸。

[0089] 全程采用封闭保护性浇注,避免钢水二次氧化。铸坯断面尺寸如表2所示。

[0090] 在所述方坯连铸中,对带液芯的铸坯进行二次冷却;且所述二次冷却的条件包括:由上往下分为四段冷却,由上往下四段冷却的水量分别占冷却总水量的40%、30%、20%、10%。

[0091] 在二次冷却中,对带液芯的铸坯进行轻压下,所述轻压下的过程包括:沿所述铸坯的长度延伸方向,在距离结晶器上口20米处进行第一轻压下,且控制固相率为0.5,压下率为0.8mm/m,压下量占总压下量的20%;在距离结晶器上口23米处进行第二轻压下,且控制固相率为0.8,压下率为2.3mm/m,压下量占总压下量的50%;在距离结晶器上口26米处进行第三轻压下,且控制固相率为0.95,压下率为2.8mm/m,压下量占总压下量的30%。总压下量如表2所示。

[0092] 在上述方坯连铸中,控制恒定拉速为0.85m/min,比水量为0.21L/kg,钢水过热度控制在20℃;控制结晶器的电磁搅拌参数、凝固末端电磁搅拌参数如表2所示。

[0093] (4) 铸坯缓冷。缓冷温度为600℃,缓冷时间为48小时。

[0094] (5) 加热轧制。

[0095] 加热中,高温段加热的工艺条件如表2所示。得到轴承钢。

[0096] 所得轴承钢的碳化物带状组织如图1所示,并对其碳偏析情况进行测试,其测试结果如表4所示。

[0097] 2、轴承套圈的生产过程如下:

[0098] 步骤S1:将上述轴承钢作为套圈毛坯(壁厚如表3所示),进行加热锻造,锻造温度1100℃。

[0099] 步骤S2:再进行球化退火。

[0100] 步骤S3:接着进行车加工。

[0101] 步骤S4:然后进行淬回火。淬火温度、加热保温时间如表3所示,采用淬火油冷却,淬火油温度、油槽搅拌速度如表3所示;回火温度、回火时间如表3所示。

[0102] 步骤S5:进行磨加工,得到轴承套圈。

[0103] 所得轴承套圈的屈氏组织图如图2所示,评级结果如表4所示。

[0104] 实施例2

[0105] 按照实施例1的方法进行,不同的是,所述轻压下的工艺条件不同,具体的,沿所述铸坯的长度延伸方向,在距离结晶器上口19米处进行第一轻压下,且控制固相率为0.65,压下率为0.6mm/m,压下量占总压下量的16%;在距离结晶器上口24米处进行第二轻压下,且控制固相率为0.84,压下率为2mm/m,压下量占总压下量的55%;在距离结晶器上口27米处进行第三轻压下,且控制固相率为0.98,压下率为2.6mm/m,压下量占总压下量的29%;且按照表1-表3的工艺条件进行。

[0106] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0107] 实施例3

[0108] 按照实施例1的方法进行,不同的是,所述轻压下的工艺条件不同,具体的,沿所述铸坯的长度延伸方向,在距离结晶器上口21米处进行第一轻压下,且控制固相率为0.6,压下率为1mm/m,压下量占总压下量的24%;在距离结晶器上口22米处进行第二轻压下,且控制固相率为0.72,压下率为2.5mm/m,压下量占总压下量的45%;在距离结晶器上口25米处

进行第三轻压下,且控制固相率为0.85,压下率为3mm/m,压下量占总压下量的31%;且按照表1-表3的工艺条件进行。

[0109] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0110] 实施例4

[0111] 按照实施例1的方法进行,不同的是,方坯连铸中由上往下四段冷却的水量不同,具体分别占冷却总水量的45%、22%、20%、13%。

[0112] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0113] 实施例5

[0114] 按照实施例1的方法进行,不同的是,方坯连铸的条件不同,具体的,控制恒定拉速为0.65m/min,比水量为0.28L/kg。

[0115] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0116] 对比例1

[0117] 按照实施例1的方法进行,不同的是,所述轻压下的工艺条件不同,具体的,采用三段式轻压下,沿所述铸坯的长度延伸方向,在距离结晶器上口20米处进行第一轻压下,且控制固相率为0.5,压下量为0mm;在距离结晶器上口23米处进行第二轻压下,且控制固相率为0.7,压下量占总压下量的33%;在距离结晶器上口26米处进行第三轻压下,且控制固相率为0.85,压下量占总压下量的67%。

[0118] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0119] 对比例2

[0120] 按照实施例1的方法进行,不同的是,所述轻压下的工艺条件不同,具体的,采用两段式轻压下,沿所述铸坯的长度延伸方向,在距离结晶器上口21米处进行第一轻压下,且控制固相率为0.55,压下量占总压下量的33%;在距离结晶器上口26米处进行第三轻压下,且控制固相率为0.8,压下量占总压下量的67%。

[0121] 所得轴承钢以及所得轴承套圈的性能测试结果如表4所示。

[0122] 表1轴承钢化学组成/wt%

成分	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Mo	Cr	Ti	O	Fe及不可避免的杂质
[0123] 实施例 1	0.98	0.25	0.41	0.012	0.001	0.02	0.01	0.04	1.55	0.0013	0.0004	余量
实施例 2	0.97	0.25	0.39	0.010	0.002	0.08	0.04	0.01	1.53	0.0012	0.0005	余量
实施例 3	0.99	0.24	0.40	0.008	0.002	0.07	0.05	0.00	1.52	0.0012	0.0004	余量

[0124] 表2轴承钢主要生产工

序号	方坯连铸搅拌条件 (结晶器电磁搅拌; 末搅电磁搅拌)	总压下量	铸坯断面	铸坯加热条件 (高温段温度; 高温段时间)
[0125] 实施例 1	600A/2.5Hz; 400A/5.0Hz	14mm	280mmx280mm	1242°C; 200min
实施例 2	600A/2.5Hz; 400A/5.0Hz	14mm	280mmx280mm	1245°C; 232min
实施例 3	600A/2.5Hz; 400A/5.0Hz	13mm	280mmx280mm	1243°C; 240min

[0126] 表3轴承套圈主要热处理工艺

序号	套圈壁厚 /mm	淬火温度 / °C	加热保温时间 / min	淬火油温度 / °C	淬火油槽搅拌速度 / Hz	回火温度 / °C	回火时间 / min
[0127] 实施例 1	15	840	50	100	30	180	120
[0128] 实施例 2	20	845	55	105	35	185	130
[0128] 实施例 3	24	850	60	110	40	190	140

[0129] 表4轴承钢及轴承套圈主要性能

序号	轴承钢碳化物带状组织	轴承钢碳偏析	轴承套圈屈氏体评级
[0130] 实施例 1	1.5-2.0 级	0.05%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 1 级
实施例 2	1.5-2.0 级	0.06%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 1 级
实施例 3	1.5-2.0 级	0.05%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 1 级
实施例 4	1.5-2.0 级	0.07%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 1 级
实施例 5	1.5-2.0 级	0.07%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 1 级
对比例 1	1.5-2.0 级	0.05%	工作面 3mm 以内: 1 级 工作面 3mm 以外: 2 级
对比例 2	2.0-3.0 级	0.10%	工作面 3mm 以内: 2 级 工作面 3mm 以外: 2 级

[0131] 从上述实施例和对比例可知,采用本发明的实施例,所得的轴承钢和轴承套圈的性能均明显更优。其中,通过实施例1和对比例1-2对比可知,仅采用本发明特定的轻压下工艺,才能实现本发明的效果。通过实施例1和实施例4对比可知,采用本发明的优选四段冷却的方案,所获得的效果更优。通过实施例1和实施例5对比可知,采用本发明的优选大拉速、小比水量相适配的方案,所获得的效果更优。

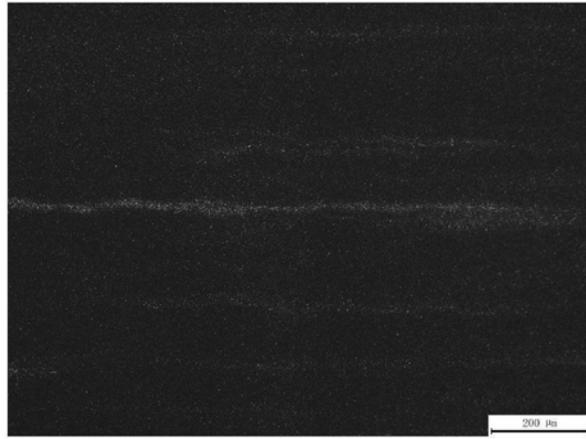


图1

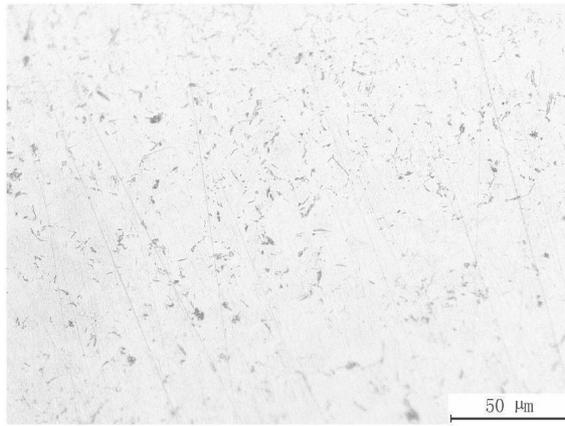


图2