



(12)发明专利



(10)授权公告号 CN 109402327 B

(45)授权公告日 2020.09.01

(21)申请号 201811397449.0

C21C 7/068(2006.01)

(22)申请日 2018.11.22

C21C 7/06(2006.01)

C21C 7/10(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 109402327 A

(56)对比文件

CN 108676952 A,2018.10.19

CN 106811577 A,2017.06.09

CN 1621538 A,2005.06.01

CN 106893795 A,2017.06.27

JP S6250403 A,1987.03.05

(43)申请公布日 2019.03.01

(73)专利权人 江阴兴澄特种钢铁有限公司

地址 214429 江苏省无锡市江阴市滨江东路297号

(72)发明人 耿克 钱刚 许晓红 李锋 陈德尹青 黄镇

审查员 李志鹏

(74)专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429

代理人 赵海波 孙燕波

(51)Int.Cl.

C21C 7/064(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法

(57)摘要

本发明涉及一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,采用的工序为KR→BOF→RS→LF→RH→CC→轧制,并进一步控制(1)KR铁水预处理的终点铁水硫含量 $\leq 0.005\%$;(2)BOF吹氧脱碳,终点碳含量在 $0.15\% \sim 0.80\%$,按铝氧平衡图出钢时向钢水中加入 0.5kg/t 以上的铝量使出钢后钢中氧含量降至 30ppm 以下,出钢温度控制在 $1600^\circ\text{C} \sim 1700^\circ\text{C}$;(3)在BOF转炉冶炼出钢后进行RS扒渣操作,并要除净钢包中的炉渣;(4)在LF精炼中添加精炼渣,控制精炼渣中自由CaO摩尔分数为 $40\% \sim 60\%$,控制钢中铝含量在 $0.03\% \sim 0.07\%$,出钢时氧含量控制在 10ppm 以下,出钢温度 $1550^\circ\text{C} \sim 1610^\circ\text{C}$;(5)RH真空脱气全程氩气搅拌, 100Pa 以下真空下保持时间 10min 以上。本申请具有高效率、低成本、节能的特点,所制钢材具有超高纯净度。

1. 一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:采用的工序为KR铁水预处理→BOF→RS→LF→RH→CC→轧制,并进一步控制

(1)KR铁水预处理的终点铁水硫含量 $\leq 0.005\%$,采用机械搅拌式,铁水包到位后在预处理前先扒去表面的铁水渣,再加入脱硫剂进行搅拌,最后扒去产生的渣;

(2)BOF吹氧脱碳,终点碳含量在 $0.15\% \sim 0.80\%$,按铝氧平衡图出钢时向钢水中加入 0.5kg/t 以上的铝量使出钢后钢中氧含量降至 30ppm 以下,出钢温度控制在 $1600^{\circ}\text{C} \sim 1700^{\circ}\text{C}$;

(3)在BOF转炉冶炼出钢后进行RS扒渣操作,并要除净钢包中的炉渣;

(4)在LF精炼中添加精炼渣,控制精炼渣中自由CaO摩尔分数为 $40\% \sim 60\%$,电极加热、合金化,控制钢中铝含量在 $0.03\% \sim 0.07\%$,出钢时氧含量控制在 10ppm 以下,出钢温度 $1550^{\circ}\text{C} \sim 1610^{\circ}\text{C}$;

(5)RH真空脱气全程氩气搅拌, 100Pa 以下真空下保持时间 10min 以上;

(6)CC连铸过程中,钢包到中间包、中间包本身及中间包到结晶器为全程真空或充氩。

2. 根据权利要求1所述的超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:还包括材质控制:钢包、连铸中间包与钢水接触部位采用超过 $90\%\text{MgO}$ 含量的高耐火度材料。

3. 根据权利要求1所述的超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:步骤(1)的KR铁水预处理采用终点硫预报模式:根据原始硫含量、温度、脱硫剂量、搅拌时间这几种参数的组合设定,使达到所述终点铁水硫含量。

4. 根据权利要求1所述的超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:步骤(4)LF精炼过程中采用包底持续吹氩气。

5. 根据权利要求1所述的超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:步骤(4)LF精炼采用的精炼渣为预先配好的含 $40 \sim 60\%\text{CaO}$ 、 $3 \sim 10\%\text{MgO}$ 、 $3 \sim 10\%\text{SiO}_2$ 、 $20 \sim 40\%\text{Al}_2\text{O}_3$ 的专用精炼渣,直接一次性加入钢中,添加量为 $800\text{kg} \sim 2000\text{kg}/100\text{t}$ 钢水。

6. 根据权利要求1所述的超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,其特征在于:步骤(6)CC连铸采用低过热度、低拉速浇注,过热度: $0 \sim 25^{\circ}\text{C}$,拉速 $0.40\text{m/min} \sim 0.60\text{ m/min}$ 。

一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法

技术领域

[0001] 本发明属于超高质量轴承钢的生产技术领域,特别涉及一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法。

背景技术

[0002] 随着国民经济的快速发展,我国轴承应用的不断扩大,现有的汽车、铁路等用关键轴承对寿命和可靠性要求的普遍提高,如汽车轴承寿命要求保证行驶25万公里以上、高速动车组轴承寿命要求行驶达到240万公里以上。对此,对钢材质量与轴承寿命关系的研究已取得了显著成果,其中钢的纯净度是影响轴承钢寿命的首要因素。

[0003] 我国采用炉外精炼方法生产高碳铬轴承钢已有四十多年的历史,随着装备及工艺水平的提高,钢的纯净度已有了很大进步,表现在全氧含量T.O的显著下降和大颗粒夹杂物的显著减少。现有高碳铬轴承钢国家标准GB/T18254-2016虽然对非金属夹杂物和氧含量已有明确的规定,但即使是最高水平的特级钢对纯净度的要求如全氧含量 $T.O \leq 6\text{ppm}$ 、脆性DS类夹杂物颗粒 $< 27\mu\text{m}$,也不能满足关键轴承高载荷、长寿命和高可靠性的要求。而日本山阳特殊钢报导其SNRP炉外精炼工艺生产的高清洁度轴承钢 $T.O \leq 5\text{ppm}$ 、脆性DS类夹杂物颗粒 $\leq 15\mu\text{m}$ 。

[0004] 现有专利ZL 01132236.5一种超纯高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法、专利ZL 200410025102.5一种高清洁高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法、专利ZL 200410089358.2减少和细化高碳铬轴承钢的D类夹杂物的炉外精炼生产方法、专利ZL 200710048395.2转炉连铸工艺生产低氧含量高碳铬轴承钢的方法和专利ZL 201010179893.2一种高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,均采用炉外精炼方法生产高碳铬轴承钢,但其所生产的钢材纯净度水平不高,如全氧含量T.O仅为 $7\text{ppm} \sim 15\text{ppm}$ 、脆性DS夹杂物颗粒 $\leq 27\mu\text{m}$;其生产流程不完善,如没有铁水预处理、RS除渣技术、RH真空脱气等对质量影响较大的关键装备;工艺控制也不完善,如入转炉前的原料硫含量、转炉终点碳含量等对质量影响较大的关键参数未涉及或控制水平不高。

[0005] 现有专利ZL 200510027394.0一种极纯高碳铬轴承钢的冶炼生产方法,其采用真空感应炉和真空自耗炉双联工艺生产,该工艺与炉外精炼生产方法完全不同,且生产效率低和生产成本高,能耗高、不适合大批量生产。

[0006] 本发明是一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,采用转炉、真空脱气、连铸的高效率、低成本、节能的工艺路线生产,通过完善生产流程并对关键工序进行优化研究和控制,目标是使生产的钢材具有超高纯净度即全氧含量 $T.O \leq 5\text{ppm}$ 、Ti含量、脆性DS类夹杂物颗粒更细小。

发明内容

[0007] 本发明的目的是提供一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,采用转炉BOF、真空脱气(LF+RH)、连铸(CC)的高效率、低成本、节能的工艺路线生产,通过完善生产流

程并对关键工序进行优化研究和控制,目标是使生产的钢材具有超高纯净度,依据本申请生产方法生产的产品全氧含量 $T.O \leq 5\text{ppm}$ 、 $Ti \leq 9\text{ppm}$ 、脆性DS类夹杂物颗粒 $\leq 8\mu\text{m}$ 。

[0008] 本申请的具体方案为,一种超纯净高碳铬轴承钢的炉外精炼生产方法,采用的工序为KR铁水预处理→BOF→RS→LF→RH→CC→轧制,并进一步控制

[0009] (1) KR铁水预处理的终点铁水硫含量 $\leq 0.005\%$;

[0010] (2) BOF吹氧脱碳,终点碳含量在 $0.15\% \sim 0.80\%$,按铝氧平衡图出钢时向钢水中加入 0.5kg/t 以上的铝量使出钢后钢中氧含量降至 30ppm 以下,出钢温度控制在 $1600^\circ\text{C} \sim 1700^\circ\text{C}$;

[0011] (3) 在BOF转炉冶炼出钢后进行RS扒渣操作,并要除净钢包中的炉渣;

[0012] (4) 在LF精炼中添加精炼渣,为使炉渣具有强的脱氧能力,控制精炼渣中自由CaO摩尔分数为 $40\% \sim 60\%$,电极加热、合金化,控制钢中铝含量在 $0.03\% \sim 0.07\%$,出钢时氧含量控制在 10ppm 以下,出钢温度 $1550^\circ\text{C} \sim 1610^\circ\text{C}$;

[0013] (5) RH真空脱气全程氩气搅拌, 100Pa 以下真空下保持时间 10min 以上;

[0014] (6) CC连铸过程中,钢包到中间包、中间包本身及中间包到结晶器为全程真空或充氩。

[0015] 优选地,工序中还包括材质控制:钢包、连铸中间包与钢水接触部位采用超过 90% MgO含量的高耐火度材料。

[0016] 步骤(1)的KR铁水预处理采用机械搅拌式,铁水包到位后在预处理前先扒去表面的铁水渣,再加入脱硫剂进行搅拌,最后扒去产生的渣,该“一搅二扒”工艺的目的是为了充分给铁水脱硫。

[0017] 为了稳定生产,控制终点硫含量,KR铁水预处理采用终点硫预报模式:根据原始硫含量、温度、脱硫剂量、搅拌时间这几种参数的组合设定,使达到所述终点铁水硫含量。

[0018] 优选地,步骤(4)LF精炼过程中采用包底持续吹氩气,去除夹杂物去除同时防止钢水再氧化。

[0019] 优选地,步骤(4)LF精炼采用的精炼渣为预先配好的含 $40 \sim 60\% \text{CaO}$ 、 $3 \sim 10\% \text{MgO}$ 、 $3 \sim 10\% \text{SiO}_2$ 、 $20 \sim 40\% \text{Al}_2\text{O}_3$ 的专用精炼渣,直接一次性加入钢中,添加量 $800\text{kg} \sim 2000\text{kg}/100\text{t}$ 钢水,使炉渣保持较强的脱氧能力。

[0020] 优选地,步骤(6)CC连铸采用低过热度、低拉速浇注,过热度: $0 \sim 25^\circ\text{C}$,拉速 $0.40\text{m}/\text{min} \sim 0.60\text{m}/\text{min}$ 。

[0021] 与现有技术相比,本申请具有特点:

[0022] (1) 将KR铁水预处理的终点硫含量控制在痕迹($\leq 0.005\%$),于后序精炼的脱氧有利,能够减小后序脱氧剂的添加量,有益于控制夹杂物的含量;

[0023] (2) 对BOF的终点C含量进行控制,间接把钢水中的氧含量控制在低水平,因为转炉终点碳含量与钢中氧含量有对应关系,即碳含量高对应氧含量低,低的氧含量则后序可少加脱氧剂、少产生夹杂物,对纯净度十分有利。

[0024] (3) 控制BOF的出钢温度范围,使满足合金化、化渣量的要求。

[0025] (4) 在BOF转炉出钢后进行扒渣RS将钢包中的炉渣除净,转炉出钢后钢包中的炉渣量含有较高的氧化铁、氧化锰等氧化性较强的组分,不利于后序快速脱氧;同时,因碳含量不同转炉出钢时加铝量不同使炉渣组成不稳定,不利于后序精炼渣组成精确控制,基于前

述原因,本申请在转炉出钢后设计彻底扒渣工序。

[0026] (5)为满足合金化、化渣量等要求,设置BOF出钢温度为 $1600^{\circ}\text{C}\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 。

[0027] (6)控制RH工序中在高真空 100Pa 下保持时间大于10分钟,使钢中的H含量至 1.5ppm 以下。

[0028] (7)连铸过程采用全程充氩或真空保护能够防止钢水氧化。

[0029] 本申请采用转炉、真空脱气、连铸的高效率、低成本、节能的工艺路线生产,并结合以上设计,完善生产流程并对关键工序进行优化研究和控制,最终获得了超高纯净度钢的生产,获得性能更加优越的高碳铬轴承钢,产品中全氧含量 $T.O\leq 5\text{ppm}$ 、 $Ti\leq 9\text{ppm}$ 、脆性DS类夹杂物颗粒更细小($\leq 0.08\mu\text{m}$)。

具体实施方式

[0030] 以下结合实施例对本发明作进一步详细描述。

[0031] 根据高碳铬轴承钢所设计的化学成分范围,参见表1,经过100吨铁水预处理KR→100吨转炉BOF→除渣RS→100吨精炼炉LF→100吨真空脱气炉RH→大断面连铸机CC→轧制生产了10炉、8个规格的本发明钢。

[0032] (1)钢包、连铸中间包与钢水接触部份采用镁质含量($\geq 90\%$)的高耐火度材料,铝合金作为脱氧剂、采用专用渣料:含 $40\sim 60\%\text{CaO}$ 、 $3\sim 10\%\text{MgO}$ 、 $3\sim 10\%\text{SiO}_2$ 、 $20\sim 40\%\text{Al}_2\text{O}_3$ 的专用精炼渣,并控制精炼渣中自由CaO摩尔分数为 $40\%\sim 60\%$;

[0033] (2)铁水预处理采用机械搅拌式,采用“一搅二扒”工艺,即铁水包到位后在处理前先扒去表面的铁水渣,再加入脱硫剂进行搅拌,最后扒去产生的渣。采用终点硫预报模型:即根据原始硫含量、温度、脱硫剂量、搅拌时间组合设定终点硫含量为痕迹($\leq 0.005\%$),以及钛、砷、铅、锡、锑含量控制,均为痕迹含量;

[0034] (3)转炉BOF吹氧脱碳,控制终点碳含量 $0.15\%\sim 0.80\%$,从而减小后序脱氧剂的添加量,减小夹杂物的产生。为满足合金化、化渣量等要求,控制出钢温度 $1600^{\circ}\text{C}\sim 1700^{\circ}\text{C}$ 。按铝氧平衡图出钢时加入大于 0.5kg/t 的铝量使出钢后钢中氧含量降至 30ppm 左右。

[0035] (4)除渣,转炉出钢后采用扒渣机除净钢包中的炉渣,除渣率 99.8% 以上。

[0036] (5)然后进行LF精炼炉精炼,一次性加入预先配置好的精炼渣,加渣总量 1500kg ,电极加热、合金化,制钢中铝含量控制在 $0.05\%\sim 0.07\%$,包底持续吹氩气促进夹杂物上浮去除,出钢时氧含量控制在 10ppm 以下,出钢温度 $1550^{\circ}\text{C}\sim 1610^{\circ}\text{C}$ 。

[0037] (6)真空脱气炉全程氩气搅拌,并控制 100Pa 真空条件下保持时间大于10分钟。

[0038] (7)连铸时钢包到中间包、中间包本身及中间包到结晶器全程充氩气保护,中间包钢水过热度 $0^{\circ}\text{C}\sim 25^{\circ}\text{C}$,拉速 $0.40\text{米/分钟}\sim 0.60\text{米/分钟}$ 。

[0039] (8)把连铸坯加热温度 $1200^{\circ}\text{C}\sim 1240^{\circ}\text{C}$,开轧前用高压水除去连铸坯表面的氧化皮,开轧温度为 $1130^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$,终轧温度 $920^{\circ}\text{C}\sim 970^{\circ}\text{C}$,开坯成 $200\text{mm}\times 200\text{mm}$ 和 $300\text{mm}\times 300\text{mm}$;

[0040] (9)中间坯加热温度 $1100^{\circ}\text{C}\sim 1200^{\circ}\text{C}$,开轧温度为 $1050^{\circ}\text{C}\sim 1150^{\circ}\text{C}$,终轧温度 $850^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$,轧制成品规格为 $\Phi 20\sim \Phi 140$;

[0041] 成品钢材经过超声波探伤无损检测符合单个缺陷不超过 $\Phi 1.2\text{mm}$ 平底孔的要求。

[0042] 按高碳铬轴承钢国标GB/T18524-2016取样和检验,发明钢的化学成分(熔炼分析

及钢材分析)质量百分数见表1。与对比钢GB/T18254-2016高碳铬轴承钢特级钢全氧T.O含量6ppm、钛含量15ppm相比,发明钢全氧T.O含量3.6ppm~4.5ppm、钛含量6ppm~9ppm更低,质量更好。

[0043] 表1发明钢的化学成分熔炼分析wt%

分类	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	P	S	Cu	Ca	Ti	T.O*
[0044] 实施例 1~5 Φ20~Φ60	0.96	0.20	0.28	1.45	0.01	0.02	0.009	0.002	0.02	0.001	0.006	0.0040
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	0.99	0.30	0.40	1.51	0.03	0.07	0.016	0.003	0.10	0.002	0.008	0.0044
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
[0044] 实施例 6~10 Φ90~Φ140	0.96	0.50	1.08	1.45	0.01~	0.02~	0.009	0.002	0.01	0.001	0.007	0.0036
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
	0.99	0.62	1.20	1.58	0.03	0.07	0.013	0.003	0.03	0.002	0.009	0.0045
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~
[0045] 对比钢 (GB/T18254 特级钢)	0.95~	0.15~	0.25~	1.40~	≤0.1	≤0.2	≤0.0	≤0.0	≤0.2	≤0.00	≤0.00	≤0.00
	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~	~

[0046] *成品钢材上取样分析。

[0047] 发明钢成品钢材的微观夹杂物检测结果见表2。与对比钢GB/T18254-2016高碳铬轴承钢特级钢DS级别1.0级(颗粒尺寸19μm~26μm)相比,发明钢微观夹杂物DS类级别为0级(颗粒尺寸4μm~8μm,更细小),质量更好。

[0048] 表2发明钢的微观夹杂物

[0049]

分类	B 级别		D 级别		脆性 DS 级别 (颗粒尺寸)
	细 系	粗 系	细 系	粗 系	
实施例 1 Φ20	0	0	0.5	0.5	0 (7 μm)
实施例 2 Φ30	0	0	0.5	0.5	0 (5 μm)
实施例 3 Φ50	0	0	0.5	0.5	0 (6 μm)
实施例 4 Φ50	0	0	0.5	0.5	0 (5 μm)
实施例 5 Φ60	0	0	0.5	0.5	0 (5 μm)
实施例 6 Φ90	0	0	0.5	0.5	0 (5 μm)
实施例 7 Φ90	0	0	0.5	0.5	0 (8 μm)
实施例 8 Φ110	0	0	0.5	0.5	0 (7 μm)
实施例 9 Φ130	0	0	0.5	0.5	0 (4 μm)
实施例 10 Φ140	0	0	0.5	0.5	0 (4 μm)
对比钢 (GB/T18254 特 级钢)	1.5	0.5	1.0	0.5	1.0 (19 μm~26 μm)

[0050] 除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。