



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104212955 B

(45) 授权公告日 2016.06.29

(21) 申请号 201410439803.7

B22D 11/16(2006.01)

(22) 申请日 2014.09.01

G21D 6/00(2006.01)

(73) 专利权人 武汉钢铁(集团)公司

审查员 武梦艳

地址 430080 湖北省武汉市武昌友谊大道
999号A座15层

(72) 发明人 陈庆丰 许竹桃 杜方 陈华强
余爱华 孙晶 李献忠 汪菊华
黄海玲 张青山 张贤忠 张渊普

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 王和平

(51) Int. Cl.

G21D 1/52(2006.01)

G21D 9/70(2006.01)

G21D 11/00(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法

(57) 摘要

本发明公开了一种降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,该方法包括如下步骤:1) 冶炼时,控制连铸钢液过热度在 10 ~ 25℃ 范围;2) 加热冶炼后得到的连铸钢坯,控制加热段温度和均热段温度;3) 根据连铸钢坯的断面尺寸控制加热时间;4) 利用喷嘴内调节板,在加热炉燃烧换向周期内,按以下方式控制加热炉火焰喷入角度:燃烧时间,火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° , 换向时,将喷嘴内调节板调回原处;所述 $m = 9 \sim 11$, 所述 $n = 14 \sim 18$ 。与现有技术相比,本发明只需对加热炉燃烧喷嘴加个调节板,使燃烧的气流角度有轻微调整,无需改造设备和对工艺作重大调整,即可确保炉中加热的铸坯温度均匀,从而达到控制或降低轴承钢中碳化物液析级别。

1. 一种降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,其特征在于:该方法包括如下步骤:

1) 冶炼时,控制连铸钢液过热度在 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 范围;

2) 加热冶炼后得到的连铸钢坯,加热段温度控制在 $1100\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围,均热段温度控制在 $1150\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围;

3) 根据连铸钢坯不同断面尺寸 $150\times 150\text{mm}\sim 240\times 240\text{mm}$,控制加热时间为 $130\sim 240\text{min}$;

4) 在加热炉燃烧喷嘴加个调节板,使喷出气流与水平方向夹角在 $m^{\circ}\sim n^{\circ}$ 范围内可调,导致火焰喷入角度在 $m^{\circ}\sim n^{\circ}$ 范围内可调;利用喷嘴内调节板,在加热炉燃烧换向周期内,按以下方式控制加热炉火焰喷入角度:燃烧时间,火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ,换向时,将喷嘴内调节板调回原处,确保下一个燃烧换向周期的燃烧时间火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ;所述 $m=9\sim 11$,所述 $n=14\sim 18$ 。

2. 根据权利要求1所述的降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,其特征在于:所述步骤1)中,将连铸过热度控制在 $10\sim 22^{\circ}\text{C}$ 范围;所述步骤2)中,将加热段控制温度在 $1150\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围,均热段温度在 $1155\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围。

3. 根据权利要求1或2所述的降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,其特征在于:所述步骤3)中,钢坯加热时间控制为 $130\sim 210\text{min}$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,其特征在于:所述步骤4)中, $n=16\sim 18$ 。

5. 根据权利要求3所述的降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,其特征在于:所述步骤4)中,加热炉燃烧换向周期为 $100\sim 180\text{s}$,火焰喷入角度调整时的角度步长为 $1\sim 1.5^{\circ}$,时间步长为 $10\sim 15\text{s}$ 。

降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高碳铬轴承钢的生产方法,特别涉及一种降低高碳铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,属于钢铁加工技术领域。

背景技术

[0002] 高碳铬轴承钢(标准中规定高碳铬轴承钢有:GCr4、GCr15、GCr15SiMn、GCr15SiMo、GCr18Mo等5个钢号,其中以GCr15为代表)是主要用于制造轴承滚动体的材料,高碳铬轴承钢的组织是在马氏体基体上分布着过剩的碳化物,这是因为高碳铬轴承钢中碳含量高,且还含有一定量的铬,铸坯中有大量的共晶碳化物,这些碳化物在钢坯加热时,大部分回熔到奥氏体中,但有少量碳化物未熔,且已熔部分在轧制时或轧后冷却时再次析出,形成碳化物液析、碳化物带状、碳化物网状组织。轴承在使用过程中,会因处于表皮的碳化物的剥落而降低其耐磨性;因处于内部的碳化物颗粒增强裂纹敏感性、疲劳裂纹的产生扩展而降低疲劳寿命。

[0003] 一般认为碳化物液析是碳及合金元素富集而产生的亚稳共晶莱氏体,热加工时被破碎成不规则碎快,沿压延方向呈链状或条状分布。高碳铬轴承钢铸坯在加热时,铁素体转变为奥氏体后,原碳化物部位碳原子浓度较高,故碳化物开始回熔到奥氏体中,主要是通过其中的间隙碳原子向奥氏体扩散和铁原子发生的自扩散以及碳化物本身的晶体点阵改组实现的。

[0004] 实际生产中,GCr15钢坯通过加热、轧制及冷却,虽可降低碳化物级别,但很难完全消除钢中碳化物。故国标《高碳铬轴承钢》GB/T18254-2002中规定:轴承钢碳化物液析根据材料不同形态、交货热处理状态、尺寸规格要求,液析 $\leq 0.5\sim 2.5$ 级。

[0005] 另外,由于加热炉火焰燃烧温度不均匀性,即使现在许多加热炉内衬安装了蓄热板,可使加热炉内温度有所均匀,但钢坯各部位温度波动仍然很大,从而导致GCr15钢坯内碳化物液析的不均匀性。因碳化物液析检验是随机的,为了保证钢材液析合格率,只有提高钢坯加热温度、时间,使碳化物均匀亏损。

[0006] 通过控制轴承钢中碳化物液析以改善高碳铬轴承钢的性能的专利、文章很多,方法各异,归纳一下,主要为:①连铸时降低钢液过热度,并在钢坯凝固时快速冷却,使一次结晶碳化物细小;②在高温下长时间加热,使铸坯中结晶状碳化物回溶奥氏体,并通过C元素浓度差进行扩散,达到过饱和C原子均匀分布于奥氏体,从而消除或降低碳化物液析。但 these 方法既浪费能源,又增加生产时间、降低生产率,同时还可能导致轴承钢坯产生微裂纹,不可避免的要增加钢材生产过程中成本、工序、交货时间。

[0007] 例如,专利“一种连铸轴承钢大方坯的加热方法”(ZL200710202792.6)主要是控制大方坯的加热方法,包括预热段、加热段和均热段等各段温度、时间,未对钢中碳化物液析进行控制。专利“一种双缓冷工艺生产高碳铬轴承钢的方法”(ZL200810227811.3)通过连铸坯缓冷、轧材缓冷,来释放铸坯、圆钢中的氢含量及应力,保证轧材低倍质量无白点裂纹缺陷存在。专利“一种轴承钢球化退火热处理的工艺方法”(ZL 201210075317.4)则是涉及一

种轧制后轴承钢球化退火热处理工艺方法。专利“降低轴承钢盘条碳化物网状级别的方法”(ZL200910062664.8)虽然是控制轴承钢碳化物,但其通过控制轧制前后冷却速度,来降低钢中网状碳化物的方法。

[0008] 文章“GCr15钢碳化物液析与加热工艺关系的研究”介绍了GCr15轴承钢的碳化物液析与加热温度、加热时间之间的关系,虽然可以控制或降低钢中碳化物液析级别,但需要提高温度、延长加热时间,经济上有所损失。文章“轴承钢碳化物液析缺陷的控制工艺探讨”则通过采取控制加热温度,控制坯料装、出炉速度,控制稳定炉况,采用热送热装工艺等工艺措施,来有效预防和控制了轴承钢碳化物液析缺陷的产生。文章“降低轴承钢液析级别的技术措施”则是针对轧制不同规格圆钢,调整预热段、加热段温度及加热时间,使钢坯内碳化物扩散时间大于理论计算所需时间,从而达到降低碳化物液析。文章“改善轴承钢碳化物不均匀性的工艺研究”则是采用电磁搅拌、降慢凝固速度、低温加热钢坯、轧后两次强制冷却、球化退火等措施,来改善轴承钢网状碳化物。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种降低高铬轴承钢中碳化物液析级别的方法,该方法通过控制连铸时钢液的过热度和在铸坯加热时调节加热炉火焰喷入角度,使整条钢坯温度均匀,确保碳化物液析均匀一致性,从而降低碳化物液析级别。

[0010] 为实现上述目的,本发明的方法包括如下步骤:

[0011] 1)在冶炼时,控制连铸钢液过热度在 $10\sim 25^{\circ}\text{C}$ 范围;

[0012] 2)加热冶炼后得到的连铸钢坯,加热段温度控制在 $1100\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围,均热段温度控制在 $1150\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围;

[0013] 3)根据连铸钢坯不同断面尺寸 $150\times 150\text{mm}\sim 240\times 240\text{mm}$,控制加热时间为 $130\sim 240\text{min}$;

[0014] 4)在加热炉喷嘴内加个调节板,使喷出气流与水平方向夹角在 $m^{\circ}\sim n^{\circ}$ 范围内可调,导致加热炉燃烧火焰与钢坯的夹角(即火焰喷入角度)在 $m^{\circ}\sim n^{\circ}$ 范围内可调;利用喷嘴内调节板,在加热炉燃烧换向周期(包括燃烧时间和停火时间)内,按以下方式控制火焰喷入角度:燃烧时间,火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ;换向时(停火时间),将喷嘴内调节板调回原处,确保下一个燃烧换向周期的燃烧时间火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ;所述 $m=9\sim 11$,所述 $n=14\sim 18$ 。

[0015] 进一步地,所述步骤1)中,将连铸过热度控制在 $10\sim 22^{\circ}\text{C}$ 范围;所述步骤2)中,将加热段控制温度在 $1150\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围,均热段温度在 $1155\sim 1220^{\circ}\text{C}$ 范围。

[0016] 进一步地,所述步骤3)中,钢坯加热时间控制为 $130\sim 210\text{min}$ 。

[0017] 进一步地,所述步骤4)中, $n=16\sim 18$ 。

[0018] 进一步地,所述步骤4)中,加热炉燃烧换向周期为 $100\sim 180\text{s}$,火焰喷入角度调整时的角度步长为 $1\sim 1.5^{\circ}$,时间步长为 $10\sim 15\text{s}$ 。

[0019] 与现有技术相比,本发明只需对加热炉燃烧喷嘴加个调节板,使燃烧的气流角度有轻微调整,无需改造任何生产设备、无需对现有生产工艺作重大调整,即可确保炉中加热的铸坯温度均匀,从而达到控制或降低轴承钢中碳化物液析级别。

[0020] 其次,调节燃烧火焰角度能使加热的钢坯温度快速均匀,就可降低加热温度及加

热时间,降低生产成本,即节约能源、保护环境,又提高了产品的性价比和市场竞争能力。

具体实施方式

[0021] 以下结合具体实施方式对本发明作进一步详细地说明。

[0022] 本发明的方法包括如下步骤:

[0023] 1)在冶炼时,控制连铸钢液过热度在10~25℃范围;

[0024] 2)加热冶炼后得到的连铸钢坯,加热段温度控制在1100~1220℃范围,均热段温度控制在1150~1220℃范围;

[0025] 3)根据连铸钢坯不同断面尺寸150×150mm~240×240mm,控制加热时间为130~240min;

[0026] 4)在加热炉喷嘴内加个调节板,使喷出气流与水平方向夹角在 m° ~ n° 范围内可调,导致加热炉燃烧火焰与钢坯的夹角在 m° ~ n° 范围内可调;利用喷嘴内调节板,在加热炉燃烧换向周期内,按以下方式控制加热炉火焰喷入角度:燃烧时间,使火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ,换向时(停火时间)将喷嘴内调节板调回原处,确保下一个燃烧换向周期的燃烧时间火焰喷入角度均匀从 m° 调整到 n° ;所述 $m=9\sim 11$,所述 $n=14\sim 18$ 。加热炉的燃烧换向周期为100~180s。

[0027] 实施例1

[0028] GCr15轴承钢A主要成分为:[C]:1.01%, [Si]:0.24%, [Mn]:0.36%, [Cr]:1.52%, [P]:0.013%, [S]:0.002%, [Mo]:0.04%, [Cu]:0.15%, [Ni]:0.04%,其余为铁和杂质。

[0029] 电炉冶炼、连铸坯断面尺寸为:150×150mm,连铸中间包温度分别为:1475℃、1470℃、1467℃(GCr15钢液相线温度为:1450℃,过热度分别为:25℃、20℃、17℃);

[0030] 在长34m×宽9.8m通道内置蓄热式步进式加热炉中加热连铸坯,加热段控制温度在1150~1175℃范围,均热段温度在1155~1175℃范围;

[0031] 整个加热时间控制为130min;

[0032] 加热炉燃烧换向周期为100s,其中燃烧时间和停火时间各为50s,起始燃烧火焰喷入角度设置为 9° ,每间隔10s钟(即时间步长为10s),利用喷嘴内调节板调节火焰喷入角度 1° (即角度步长为 1°),即燃烧时间内,火焰喷入角度分别为: 10° 、 11° 、 12° 、 13° 、 14° ,燃烧完火焰换向后,再将调节板调回原处(此时这边喷嘴未燃烧),保证下一个燃烧周期的火焰喷入角度从 9° 调整到 14° 。

[0033] 实测开轧温度分别为:1055℃、1072℃、1093℃、1080℃、1060℃、1078℃、1095℃、1079℃、1065℃,同条钢坯最大温差:40℃。轧制 $\Phi 25$ mm圆钢,属热轧不退火材。

[0034] 检测该炉GCr15钢碳化物液析为:0.5级,0.5级,0.5级,0.5级,0.5级($\leq \Phi 60$ mm圆钢液析合格标准 ≤ 2.0 级,检测5组试样; $> \Phi 60$ mm圆钢液析合格标准 ≤ 2.5 级,检测3组试样)。

[0035] 实施例2

[0036] GCr15轴承钢B主要成分为:[C]:0.99%, [Si]:0.29%, [Mn]:0.33%, [Cr]:1.49%, [P]:0.011%, [S]:0.001%, [Mo]:0.04%, [Cu]:0.12%, [Ni]:0.03%,其余为铁和杂质。

[0037] 转炉冶炼、连铸坯断面尺寸为:240×240mm,连铸中间包温度分别为:1467℃、1462℃、1460℃(过热度分别为:17℃、12℃、10℃);

[0038] 在长24m×宽9.8m通道内置蓄热式步进式加热炉中加热连铸坯,加热段控制温度在1185~1220℃范围,均热段温度在1180~1220℃范围;

[0039] 整个加热时间控制为240min;

[0040] 加热炉燃烧换向周期为180s,其中燃烧时间和停火时间各为90s,起始燃烧火焰喷入角度设置为9°,每间隔15s钟,利用喷嘴内的调节板调整火焰喷入角度1.5°,即燃烧时间内,火焰喷入角度分别为:10.5°、12°、13.5°、15°、16.5°、18°,燃烧完火焰换向后,再将调节板调回原处(此时这边喷嘴未燃烧),保证下一个燃烧周期的火焰喷入角度从9°调整到18°。

[0041] 实测开轧温度分别为:1084℃、1092℃、1099℃、1090℃、1085℃、1096℃、1104℃、1090℃、1085℃,同条钢坯最大温差:20℃。轧制Φ80mm圆钢,属热轧不退火材。

[0042] 检测该炉GCr15钢碳化物液析为:1.0级,1.0级,1.0级。

[0043] 实施例3

[0044] GCr15轴承钢C主要成分为:[C]:1.00%, [Si]:0.25%, [Mn]:0.30%, [Cr]:1.45%, [P]:0.012%, [S]:0.002%, [Mo]:0.04%, [Cu]:0.13%, [Ni]:0.02%,其余为铁和杂质。

[0045] 转炉冶炼、连铸坯断面尺寸为:200×200mm,连铸中间包温度分别为:1471℃、1462℃、1465℃(过热度分别为:21℃、12℃、15℃);

[0046] 在长24m×宽9.8m通道内置蓄热式步进式加热炉中加热连铸坯,加热段控制温度在1170~1210℃范围,均热段温度在1175~1210℃范围;

[0047] 整个加热时间控制为180min;

[0048] 加热炉燃烧换向周期为150s,其中燃烧时间和停火时间各为75s,起始燃烧火焰喷入角度设置为11°,每间隔15s钟,利用喷嘴内的调节板调整火焰喷入角度1°,即燃烧时间内,火焰喷入角度分别为:12°、13°、14°、15°、16°,燃烧完火焰换向后,再将调节板调回原处(此时这边喷嘴未燃烧),保证下一个燃烧周期的火焰喷入角度从11°调整到16°。

[0049] 实测开轧温度分别为:1071℃、1083℃、1098℃、1087℃、1075℃、1086℃、1094℃、1081℃、1073℃,同条钢坯最大温差:27℃。轧制Φ60mm圆钢,属热轧不退火材。

[0050] 检测该炉GCr15钢碳化物液析为:1.0级,0.5级,0.5级,1.0级,1.0级。

[0051] 实施例4

[0052] GCr15轴承钢D主要成分为:[C]:1.02%, [Si]:0.22%, [Mn]:0.32%, [Cr]:1.49%, [P]:0.009%, [S]:0.001%, [Mo]:0.02%, [Cu]:0.12%, [Ni]:0.03%,其余为铁和杂质。

[0053] 转炉冶炼、连铸坯断面尺寸为:150×150mm,连铸中间包温度分别为:1470℃、1468℃、1464℃(过热度分别为:20℃、18℃、14℃);

[0054] 在长24m×宽9.8m通道内置蓄热式步进式加热炉中加热连铸坯,加热段控制温度在1165~1210℃范围,均热段温度在1170~1210℃范围;

[0055] 整个加热时间控制为150min;

[0056] 加热炉燃烧换向周期为120s,其中燃烧时间和停火时间各为60s,起始燃烧火焰喷入角度设置为10°,每间隔10s钟,利用喷嘴内的调节板调整火焰喷入角度1°,即燃烧时间

内,火焰喷入角度分别为:11°、12°、13°、14°、15°、16°,燃烧完火焰换向后,再将调节板调回原处(此时这边喷嘴未燃烧),保证下一个燃烧周期的火焰喷入角度从10°调整到16°。

[0057] 实测开轧温度分别为:1068℃、1082℃、1101℃、1090℃、1073℃、1091℃、1103℃、1084℃、1072℃,同调钢坯最大温差:35℃。轧制Φ45mm圆钢,属热轧不退火材。

[0058] 检测该炉GCr15钢碳化物液析为:0.5级,0.5级,0.5级,0.5级,0.5级。

[0059] 对比例

[0060] 原工艺轴承钢GCr15主要成分为:[C]:0.99%,[Si]:0.27%,[Mn]:0.33%,[Cr]:1.48%,[P]:0.011%,[S]:0.002%,[Mo]:0.02%,[Cu]:0.12%,[Ni]:0.02%,其余为铁和杂质。

[0061] 转炉冶炼、连铸坯断面尺寸为:200×200mm,连铸中间包温度分别为:1469℃、1465℃、1465℃(过热度分别为:19℃、15℃、15℃);

[0062] 在长24m×宽9.8m通道内置蓄热式步进式加热炉中加热连铸坯,加热段控制温度在1185~1235℃范围,均热段温度在1190~1235℃范围;

[0063] 整个加热时间控制为180min;

[0064] 加热炉燃烧换向周期为120s,其中燃烧时间和停火时间各为60s,燃烧火焰喷入角度固定不变。

[0065] 实测开轧温度分别为:1062℃、1083℃、11124℃、1097℃、1068℃、1086℃、1130℃、1108℃、1071℃,同条钢坯最大温差:68℃。轧制Φ60mm圆钢,属热轧不退火材。

[0066] 检测该炉GCr15钢碳化物液析为:1.0级,0.5级,1.5级,1.5级,1.0级。

[0067] 将各实施例中采用发明工艺生产的圆钢检验结果与对比例中原工艺钢种进行比较的结果汇于表1,可以看出本发明钢种的碳化物液析级别非常均匀,而且同等轧制规格下,显著低于原工艺生产的轴承钢碳化物液析级别。

[0068] 表1 实施例钢种与原工艺钢种对比

[0069]

钢种	过热度	轧制规格	碳化物液析/级					平均值
			样1	样1	样1	样1	样1	
实施例1	25℃,20℃,17℃,平均:20.7℃	25mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
实施例2	17℃,12℃,10℃,平均:13℃	80mm	1.0	1.0	1.0			1.0
实施例3	21℃,12℃,15℃,平均:16℃	60mm	1.0	0.5	0.5	1.0	1.0	0.8
实施例4	20℃,18℃,14℃,平均:16.7℃	45mm	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
对比例	19℃,15℃,15℃,平均:16.3℃	60mm	1.0	0.5	1.5	1.5	1.0	1.1