



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103146883 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201310115873. 2

CN 102080188 A, 2011. 06. 01, 全文.

(22) 申请日 2013. 04. 03

CN 102703817 A, 2012. 10. 03, 全文.

(73) 专利权人 武汉钢铁(集团)公司

地址 430080 湖北省武汉市武昌友谊大道
999号A座15层

陈天明等. 半钢冶炼含硫易切削齿轮钢实践. 《2011年全国高品质特殊钢生产技术研讨会》. 2011, 190-194.

审查员 陈俊杰

(72) 发明人 张贤忠 韦泽宏 熊玉彰 陈子宏
陈庆丰 张青山 汪晔

(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 胡镇西 徐绍新

(51) Int. Cl.

C21C 7/06 (2006. 01)

C21C 7/10 (2006. 01)

C21C 7/00 (2006. 01)

(56) 对比文件

JP 昭 57-9860 A, 1982. 01. 19, 全文.

CN 102011062 A, 2011. 04. 13, 全文.

权利要求书1页 说明书5页

(54) 发明名称

含硫低氧齿轮钢的冶炼方法

(57) 摘要

本发明公开了一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:1) 钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉中升温并加入高碱度精炼渣进行扩散脱氧,2) 扩散脱氧后的钢水在真空条件下深脱氧;3) 深脱氧后的钢水转入钢包精炼炉并加入低碱度精炼渣精炼 3~5 分钟后,向钢水中喂 S 包芯线和 Si-Ca 包芯线并进行软吹。采用本发明的工艺步骤和条件,可以使使高端淬透性齿轮钢中的氧含量降低到 10×10^{-6} 以下,钢中硫含量精确控制在 0.030-0.040%,达到提高齿轮疲劳寿命和改善切削加工能力的目的。本发明还具有工艺线路简单,生产成本低,能源消耗少,可操作性强等特点。

1. 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉中以 $4 \sim 6^{\circ}\text{C} / \text{分钟}$ 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当温度达到 $1590 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 后扩散脱氧 $25 \sim 30$ 分钟,所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO $55 \sim 60\%$, SiO_2 $15 \sim 20\%$, Al_2O_3 $10 \sim 15\%$, MgO $2 \sim 5\%$, MnO $2 \sim 5\%$, CaF_2 $3 \sim 8\%$, 余量为杂质;

2) 扩散脱氧后的钢水在真空条件下深脱氧;

3) 深脱氧后的钢水转入钢包精炼炉并加入低碱度精炼渣,在 $1590 \sim 1600^{\circ}\text{C}$ 条件下精炼 $3 \sim 5$ 分钟后,按每吨钢水喂 $0.35 \sim 0.45\text{kg}$ 的比例向钢水中喂 S 包芯线,喂完 S 包芯线 $8 \sim 12$ 分钟后继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹,所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO $35 \sim 40\%$, SiO_2 $35 \sim 40\%$, Al_2O_3 $10 \sim 15\%$, MgO $2 \sim 5\%$, MnO $2 \sim 5\%$, CaF_2 $3 \sim 8\%$, 余量为杂质。

2. 根据权利要求 1 所述含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,其特征在于:所述高碱度精炼渣的碱度为 $2.7 \sim 4$,所述低碱度精炼渣的碱度为 $0.9 \sim 1.2$ 。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,其特征在于:步骤 2) 中,所述的真空条件是压强为 $65 \sim 70\text{Pa}$ 的大气压,所述深脱氧的时间是 $12 \sim 15$ 分钟。

4. 根据权利要求 3 所述含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,其特征在于:步骤 2) 中,所述的真空条件是压强为 68Pa 的大气压。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,其特征在于:步骤 3) 中,按每吨钢水喂 $0.5 \sim 1\text{kg}$ 的比例向钢水中喂 Si-Ca 包芯线。

含硫低氧齿轮钢的冶炼方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金制造技术领域,具体涉及一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法。

背景技术

[0002] 氧含量对齿轮的疲劳寿命具有很大的影响,日本对 Cr、Cr-Mo、Cr-Ni-Mo 渗碳合金钢的氧含量和疲劳寿命之间的关系曾做过实验,当氧含量从 25×10^{-6} 降到 10×10^{-6} 以下时,其疲劳寿命可以数倍的增加,中国对 SCM420H、20MnCr₅ 等引进钢种也进行过脱气和不脱气的对比实验,证实脱气齿轮钢疲劳寿命可提高 50% 以上。

[0003] 由于工业发达国家拥有先进的技术装备和工艺技术,其齿轮钢的氧含量普遍较低,平均在 $(10 \sim 15) \times 10^{-6}$ 。中国电炉单炼的 20CrMnTi 氧含量水平约 $(30 \sim 40) \times 10^{-6}$,电炉+LF 精炼炉生产的齿轮钢氧含量约 25×10^{-6} ,经 VD 炉真空处理后可达到 20×10^{-6} 以下。为了适应齿轮钢的新要求,各钢厂经技术改造,生产的齿轮钢纯净度也达到较高水平,大大缩短了与国际水平的差距。目前齿轮行业标准已将汽车用齿轮钢的氧含量规定为 $\leq 20 \times 10^{-6}$,而很多采用 LF 炉+VD 炉或 LF 炉+RH 炉精炼处理的特殊钢厂家,已可以将齿轮钢的氧含量控制在 15×10^{-6} 以下。

[0004] 钢中的硫化物对齿轮钢的疲劳寿命影响不大,并且随着易切削齿轮的发展,钢中对硫含量的上、下限都提出了要求,硫含量范围越窄,越有利于控制硫化物的形态和分布。因此,齿轮钢的发展对钢中硫化物的数量、形态及分布提出了更高的要求。

[0005] 申请号为 201010523392.1 的中国发明专利公开了一种冶炼易切削齿轮钢的方法,该方法包括:在转炉中对铁水进行初炼,钢渣碱度保持 3~4;将初炼后的钢水出钢到钢包中,在出钢至 20~30% 过程中向钢包中加入铝铁脱氧剂,在出钢至 40~60% 过程中向钢包中加入第一批精炼渣,使得出钢后的钢水中的 S 含量达到 0.05~0.08%;对钢包进行 LF 炉钢包精炼,在 LF 炉钢包精炼过程中加入第二批精炼渣和脱氧铝粒,使得 LF 炉精炼后的钢水中的 S 含量达到 0.02~0.025%,第一批精炼渣和第二批精炼渣成分相同,成分的质量百分比为:CaO 70~80%,Al₂O₃ 2~8%,MgO 0~5%,SiO₂ 0~3%,Na₂O 3~5%,CaF₂ 8~14%, $R \geq 4.5$,钢包从 LF 出站前喂入合 0.6~0.9kg/吨钢水的 Si-Ca 线;对 LF 炉钢包精炼后的钢水进行 RH 真空精炼,吹氩时间 5~15min,强度 0.8~1.5NL/吨钢水分钟。此方法的缺点是精炼渣碱度高,不利于提高钢水中 S 的收得率。

[0006] 申请号为 200810014875.1 的中国发明专利公开了一种 Cr-Mn-Ti 齿轮钢的生产方法。其特征是采用电炉或转炉初炼-LF 炉精炼-真空处理-连铸-轧制生产工艺,在精炼炉降低钢液中 [O]、[S] 和夹杂物含量,在真空炉内对钢液进行真空处理,真空度小于 140Pa,真空时间为 15~30min,然后进行保护浇铸和轧制。其缺点是本方法生产的齿轮钢中硫含量小于 0.010%,不利于齿轮钢的切削加工和加工精度。

[0007] 申请号为 200910146792.2 的中国发明专利公开了一种齿轮钢的生产方法,该方法包括将提钒后的半钢加到转炉中进行冶炼,将冶炼得到的钢水加到钢包中,之后在精炼渣和脱氧剂存在下进行钢包炉精炼,然后进行真空处理和钢坯连铸,此生产方法可以获得

总氧含量为 11~15ppm 的齿轮钢。

[0008] 以上提供的齿轮钢的生产方法均不利于低氧($\leq 0.0010\%$)含硫($0.030 \sim 0.040\%$)高端齿轮钢成分的精确控制。

发明内容

[0009] 本发明的目的是针对现有齿轮钢生产技术的不足,提供一种不仅能降低齿轮钢中的氧含量,还能精确控制硫含量的齿轮钢冶炼方法。

[0010] 上述目的是通过以下技术方案实现的:

[0011] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0012] 1) 钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉中以 $4 \sim 6^\circ\text{C} / \text{分钟}$ 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,温度达到 $1590 \sim 1600^\circ\text{C}$ 后扩散脱氧 $25 \sim 30$ 分钟,所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为: $\text{CaO } 55 \sim 60\%$, $\text{SiO}_2 \text{ } 15 \sim 20\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ } 10 \sim 15\%$, $\text{MgO } 2 \sim 5\%$, $\text{MnO } 2 \sim 5\%$, $\text{CaF}_2 \text{ } 3 \sim 8\%$,余量为杂质;

[0013] 2) 扩散脱氧后的钢水在真空条件下深脱氧;

[0014] 3) 深脱氧后的钢水转入钢包精炼炉并加入低碱度精炼渣,在 $1590 \sim 1600^\circ\text{C}$ 条件下精炼 $3 \sim 5$ 分钟后,按每吨钢水喂 $0.35 \sim 0.45\text{kg}$ 的比例向钢水中喂 S 包芯线,喂完 S 包芯线 $8 \sim 12$ 分钟后继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹,所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为: $\text{CaO } 35 \sim 40\%$, $\text{SiO}_2 \text{ } 35 \sim 40\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ } 10 \sim 15\%$, $\text{MgO } 2 \sim 5\%$, $\text{MnO } 2 \sim 5\%$, $\text{CaF}_2 \text{ } 3 \sim 8\%$,余量为杂质。

[0015] 优选地,所述高碱度精炼渣的碱度为 $4.5 \sim 7$,所述低碱度精炼渣的碱度 ≤ 2.5 。

[0016] 优选地,步骤 2) 中,所述的真空条件是压强为 $6.5 \sim 7\text{Pa}$ 的大气压,所述深脱氧的时间是 $12 \sim 15$ 分钟。

[0017] 进一步优选地,步骤 2) 中,所述的真空条件是压强为 6.8Pa 的大气压。

[0018] 优选地,步骤 3) 中,按每吨钢水喂 $0.5 \sim 1\text{kg}$ 的比例向钢水中喂 Si-Ca 包芯线。

[0019] 在齿轮钢的冶炼过程中,高碱度精炼渣和真空处理有利于钢中氧含量迅速降低,得到高洁净度的钢液,但在降低氧含量的同时,硫含量也同时降低,不利于钢中硫含量的稳定;另外,低碱度精炼渣虽然能稳定钢中硫含量,但不利于脱氧,因此,在生产低氧含硫齿轮钢时,出现了低氧含量而钢中硫含量不稳定或钢中硫含量稳定但氧含量偏高的矛盾。本发明有效地解决了上述矛盾,通过采用本发明的工艺步骤和条件,可以使使高端淬透性齿轮钢中的氧含量降低到 10×10^{-6} 以下,钢中硫含量精确控制在 $0.03 \sim 0.04\%$,达到提高齿轮疲劳寿命和改善切削加工能力的目的。同时本发明还具有工艺线路简单,生产成本低,能源消耗少,可操作性强,易于控制等特点。

具体实施方式

[0020] 下面结合实施例对本发明进行详细说明。

[0021] 实施例 1

[0022] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0023] 1) 钢水在 LF 精炼炉中升温 and 预脱氧:钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉(LF 精炼炉)中以 $4^\circ\text{C} / \text{min}$ 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当

温度达到 1590~1600℃后扩散脱氧 25 分钟,然后将钢水吊至 VD 真空脱气炉工位。

[0024] 所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO 60%, SiO₂ 15%, Al₂O₃ 10%, MgO 5%, MnO 2%, CaF₂ 8%;碱度为 4.5。

[0025] 2) 深脱氧:在 VD 真空脱气炉中进行深脱氧,抽真空时间为 6 分钟(使大气压达到 6.8Pa),保压时间为 12 分钟。

[0026] 3) 钢水在 LF 精炼炉中调整成分:钢水经真空深脱氧后再次回到 LF 精炼炉中进行成分调整,先向钢水中加入低碱度精炼渣,在 1590~1600℃条件下精炼 3 分钟后,按每吨钢水喂 0.35kg 的比例向钢水中喂 S 包芯线,使钢中 S 的重量含量达到 0.03~0.04%,喂完 S 包芯线 8 分钟后按每吨钢水喂 1kg 的比例继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹。

[0027] 所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO 35%, SiO₂ 40%, Al₂O₃ 15%, MgO 2%, MnO 2%, CaF₂ 3%, 余量为杂质;碱度为 2.5。

[0028] 实施例 2

[0029] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0030] 1) 钢水在 LF 精炼炉中升温 and 预脱氧:钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉(LF 精炼炉)中以 6℃/min 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当温度达到 1590~1600℃后扩散脱氧 28 分钟,然后将钢水吊至 VD 真空脱气炉工位。

[0031] 所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO 58%, SiO₂ 17%, Al₂O₃ 13%, MgO 3%, MnO 3%, CaF₂ 6%;碱度为 7。

[0032] 2) 深脱氧:在 VD 真空脱气炉中进行深脱氧,抽真空时间为 8 分钟(使大气压达到 6.8Pa),保压时间为 15 分钟。

[0033] 3) 钢水在 LF 精炼炉中调整成分:钢水经真空深脱氧后再次回到 LF 精炼炉中进行成分调整,先向钢水中加入低碱度精炼渣,在 1590~1600℃条件下精炼 5 分钟后,按每吨钢水喂 0.4kg 的比例向钢水中喂 S 包芯线,使钢中 S 含量达到 0.03~0.04%,喂完 S 包芯线 12 分钟后按每吨钢水喂 0.8kg 的比例继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹。

[0034] 所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO 38%, SiO₂ 37%, Al₂O₃ 15%, MgO 2%, MnO 2%, CaF₂ 5%, 余量为杂质;碱度为 1。

[0035] 实施例 3

[0036] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0037] 1) 钢水在 LF 精炼炉中升温 and 预脱氧:钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉(LF 精炼炉)中以 5℃/min 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当温度达到 1590~1600℃后扩散脱氧 26 分钟,然后将钢水吊至 VD 真空脱气炉工位。

[0038] 所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为:CaO 60%, SiO₂ 16%, Al₂O₃ 12%, MgO 4%, MnO 2%, CaF₂ 4%, 余量为杂质;碱度为 5。

[0039] 2) 深脱氧:在 VD 真空脱气炉中进行深脱氧,抽真空时间为 7 分钟(使大气压达到 6.5Pa),保压时间为 14 分钟。

[0040] 3) 钢水在 LF 精炼炉中调整成分:钢水经真空深脱氧后再次回到 LF 精炼炉中进行成分调整,先向钢水中加入低碱度精炼渣,在 1590~1600℃条件下精炼 4 分钟后,按每吨钢水喂 0.35kg 的比例向钢水中喂 S 包芯线,使钢中 S 含量达到 0.03~0.04%,喂完 S 包芯线 10 分钟后按每吨钢水喂 0.7kg 的比例继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹。

[0041] 所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为 :CaO 36 % , SiO₂ 36 % , Al₂O₃ 15 % , MgO 3 % , MnO 2 % , CaF₂ 5 % , 余量为杂质 ;碱度为 2。

[0042] 实施例 4

[0043] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0044] 1) 钢水在 LF 精炼炉中升温 and 预脱氧:钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉(LF 精炼炉)中以 5℃ /min 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当温度达到 1590~1600℃后扩散脱氧 26 分钟,然后将钢水吊至 VD 真空脱气炉工位。

[0045] 所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为 :CaO 56 % , SiO₂ 20 % , Al₂O₃ 10 % , MgO 5 % , MnO 2 % , CaF₂ 6 % , 余量为杂质 ;碱度为 6。

[0046] 2) 深脱氧:在 VD 真空脱气炉中进行深脱氧,抽真空时间为 6 分钟(使大气压达到 7Pa),保压时间为 15 分钟。

[0047] 3) 钢水在 LF 精炼炉中调整成分:钢水经真空深脱氧后再次回到 LF 精炼炉中进行成分调整,先向钢水中加入低碱度精炼渣,在 1590~1600℃条件下精炼 4 分钟后,按每吨钢水喂 0.38kg 的比例向钢水中喂 S 包芯线,使钢中 S 含量达到 0.03~0.04%,喂完 S 包芯线 10 分钟后按每吨钢水喂 0.6kg 的比例继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹。

[0048] 所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为 :CaO 37 % , SiO₂ 37 % , Al₂O₃ 13 % , MgO 5 % , MnO 2 % , CaF₂ 6 % ;碱度为 2。

[0049] 实施例 5

[0050] 一种含硫低氧齿轮钢的冶炼方法,包括以下步骤:

[0051] 1) 钢水在 LF 精炼炉中升温 and 预脱氧:钢水经初炼炉冶炼并进行合金化后,在钢包精炼炉(LF 精炼炉)中以 5℃ /min 的速度升温,升温过程中向钢水中加入高碱度精炼渣,当温度达到 1590~1600℃后扩散脱氧 30 分钟,然后将钢水吊至 VD 真空脱气炉工位。

[0052] 所述高碱度精炼渣中各成分的重量百分比为 :CaO 55 % , SiO₂ 20 % , Al₂O₃ 15 % , MgO 5 % , MnO 2 % , CaF₂ 3 % ;碱度为 5。

[0053] 2) 深脱氧:在 VD 真空脱气炉中进行深脱氧,抽真空时间为 8 分钟(使大气压达到 6.8Pa),保压时间为 15 分钟。

[0054] 3) 钢水在 LF 精炼炉中调整成分:钢水经真空深脱氧后再次回到 LF 精炼炉中进行成分调整,先向钢水中加入低碱度精炼渣,在 1590~1600℃条件下精炼 4 分钟后,按每吨钢水喂 0.45kg 的比例向钢水中喂 S 包芯线,使钢中 S 含量达到 0.030 ~ 0.040%,喂完 S 包芯线 10 分钟后按每吨钢水喂 0.5kg 的比例继续向钢水中喂 Si-Ca 包芯线并进行软吹。

[0055] 所述低碱度精炼渣中各成分的重量百分比为 :CaO 40 % , SiO₂ 35 % , Al₂O₃ 15 % , MgO 2 % , MnO 5 % , CaF₂ 3 % ;碱度为 2。

[0056] 实施例 1~5 生产的低氧含硫齿轮钢的氧含量和硫含量见下表:

[0057]

实施例	[O] × 10 ⁻⁶	[S] %
实施例 1	7	0.035
实施例 2	8	0.034

实施例 3	9	0.036
实施例 4	7	0.038
实施例 5	10	0.040