



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104532146 A

(43) 申请公布日 2015.04.22

(21) 申请号 201410811126.7

(22) 申请日 2014.12.23

(71) 申请人 攀钢集团西昌钢钒有限公司

地址 615032 四川省凉山彝族自治州西昌市
经久工业园区

(72) 发明人 徐彬 卿家胜 张彦恒 邓林

杨晓东 干雄 王宏伟

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限

公司 11286

代理人 谭昌驰 邢伟

(51) Int. Cl.

G22C 38/50(2006.01)

G21C 5/34(2006.01)

G21C 7/064(2006.01)

G21C 7/10(2006.01)

权利要求书3页 说明书13页

(54) 发明名称

一种高强度耐候钢及半钢冶炼高强度耐候钢的方法

(57) 摘要

本发明提供了一种高强度耐候钢及半钢冶炼高强度耐候钢的方法。所述高强度耐候钢的化学成分为:C:0.01~0.04wt%, Si:0.10~0.20wt%, Mn:0.30~0.40wt%, Cr:3.45~3.75wt%, Ni:0.30~0.40wt%, Cu:0.40~0.50wt%, Nb:0.027~0.045wt%, Als:0.020~0.050wt%, Ti:0.01~0.015wt%, P≤0.020wt%, S≤0.005wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质。所述方法采用半钢为原料,在生产中合理分配各个工序的合金加入制度,冶炼获得所述高强度耐候钢。

1. 一种半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法通过第一操作或第二操作来实现,

所述第一操作包括顺序进行的提钒和脱硫预处理步骤、转炉冶炼步骤、真空循环脱气精炼步骤以及钢包精炼炉精炼步骤,其中,

所述第一操作的提钒和脱硫预处理步骤包括:对含钒铁水进行提钒和脱硫预处理以获得半钢,所述半钢中的碳含量为 3.4 ~ 3.6wt%,硫含量不大于 0.003wt%,温度为 1300 ~ 1340℃;

所述第一操作的转炉冶炼步骤包括:将所述半钢兑入转炉进行冶炼,并在转炉冶炼过程中进行以下控制:向转炉内加入 2 ~ 4Kg/吨钢的硅铁,并加入造渣剂进行造渣;进行 Cu 和 Ni 合金化,以控制钢水中的 Cu 含量为 0.43 ~ 0.47wt%,Ni 含量为 0.33 ~ 0.37wt%;转炉冶炼终点控制要求为:钢水中的 [C] 为 0.03 ~ 0.04wt%、[S] ≤ 0.005wt% 以及 [P] ≤ 0.010wt%,终渣碱度 3 ~ 5,出钢温度不低于 1700℃;在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时所采用的铬铁加入量为 30 ~ 60Kg/吨钢,所述铬铁中的碳含量 < 0.50wt%;

所述第一操作的真空循环脱气精炼步骤包括:对钢水进行真空循环脱气精炼,在真空循环脱气精炼前期加入 10 ~ 20Kg/吨钢的所述铬铁进行铬合金化,在真空循环脱气精炼过程中对钢水进行脱碳、脱氧和去除夹杂处理,以控制钢水中 [C] ≤ 0.010wt%,氧活度 ≤ 10ppm,并在脱氧处理后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Al 含量为 0.03 ~ 0.04wt%,Mn 含量为 0.20 ~ 0.25wt%;

所述第一操作的钢包精炼炉精炼步骤包括:将钢水兑入钢包精炼炉造白渣并进行脱硫精炼,具体地,在钢包精炼炉精炼过程中控制钢水的 Al 含量为 0.03 ~ 0.04wt%;当完成造白渣并将钢水中的硫脱至不大于 0.003wt%之后,进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al 微调;并在所述 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al 微调完成后,加入钛铁,以获得目标钢水,所述目标钢水的化学成分为:C:0.01 ~ 0.04wt%,Si:0.10 ~ 0.20wt%,Mn:0.30 ~ 0.40wt%,Cr:3.45 ~ 3.75wt%,Ni:0.30 ~ 0.40wt%,Cu:0.40 ~ 0.50wt%,Nb:0.027 ~ 0.045wt%,Al:0.020 ~ 0.050wt%,Ti:0.01 ~ 0.015wt%,P ≤ 0.020wt%,S ≤ 0.005wt%,余量的铁以及不可避免的杂质,所述目标钢水的温度为 1590 ~ 1600℃;

所述第二操作包括顺序进行的提钒和脱硫预处理步骤、转炉冶炼步骤、第一次钢包精炼炉精炼、真空循环脱气精炼步骤以及第二次钢包精炼炉精炼步骤,其中,

所述第二操作的提钒和脱硫预处理步骤包括:对含钒铁水进行提钒和脱硫预处理以获得超低硫含量的半钢,其中,所述半钢的碳含量为 3.4 ~ 3.6wt%,硫含量不大于 0.003wt%,温度为 1300 ~ 1340℃;

所述第二操作的转炉冶炼步骤包括:将所述半钢兑入转炉进行冶炼,在转炉冶炼过程中进行以下控制:向转炉内加入 2 ~ 4Kg/吨钢的硅铁,并加入造渣剂进行造渣;进行 Cu 和 Ni 合金化,以控制钢水中的 Cu 含量为 0.43 ~ 0.47wt%,Ni 含量为 0.33 ~ 0.37wt%;转炉冶炼终点控制要求为:钢水中的 [C] 为 0.03 ~ 0.04wt%、[S] ≤ 0.005wt% 以及 [P] ≤ 0.010wt%,终渣碱度 3 ~ 5,出钢温度不低于 1700℃;在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时所采用的铬铁加入量为 30 ~ 60Kg/吨钢,所述铬铁中的碳含量

< 0.50wt% ;

所述第二操作的第一次钢包精炼炉精炼包括 :将钢水兑入钢包精炼炉进行第一次钢包精炼炉精炼,并在第一次钢包精炼炉精炼过程中加入 10 ~ 20Kg/ 吨钢的所述铬铁进行铬合金化 ;

所述第二操作的真空循环脱气精炼步骤包括 :对钢水进行真空循环脱气精炼,在真空循环脱气精炼过程中对钢水进行脱碳、脱氧和去除夹杂处理,以控制钢水中 [C] \leq 0.010wt%,氧活度 \leq 10ppm,并在脱氧处理后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Als 含量为 0.03 ~ 0.04wt%,Mn 含量为 0.20 ~ 0.25wt% ;

所述第二操作的第二次钢包精炼炉精炼步骤包括 :再次将钢水兑入钢包精炼炉,造白渣并进行第二次钢包精炼炉精炼,具体地,在第二次钢包精炼炉精炼过程中控制钢水中的 Als 为 0.03 ~ 0.04wt% ;当完成造白渣并将钢水中的硫脱至不大于 0.003wt%之后,进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 微调 ;并在所述 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 微调完成后加入钛铁,以获得目标钢水,所述目标钢水的化学成分为 :C :0.01 ~ 0.04wt%, Si :0.10 ~ 0.20wt%, Mn :0.30 ~ 0.40wt%, Cr :3.45 ~ 3.75wt%, Ni :0.30 ~ 0.40wt%, Cu :0.40 ~ 0.50wt%, Nb :0.027 ~ 0.045wt%, Als :0.020 ~ 0.050wt%, Ti :0.01 ~ 0.015wt%, P \leq 0.020wt%, S \leq 0.005wt%,余量的铁以及不可避免的杂质。

2. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述造白渣的步骤包括以下操作 :

根据钢水中的 S 含量分批加入活性石灰和铝质脱氧剂进行升温脱硫精炼,具体地,

当钢水中的 S 含量 \leq 0.003wt%时,活性石灰的加入总量为 5 ~ 10Kg/ 吨钢,铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 0.50 ~ 1.5Kg/ 吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 2 ~ 3Kg/ 吨钢 ;

当钢水中的 S 含量为 0.003 ~ 0.006wt%时,活性石灰的加入总量为 10 ~ 15Kg/ 吨钢,铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 1 ~ 2Kg/ 吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 2 ~ 3Kg/ 吨钢 ;

当钢水中的 S 含量 \geq 0.006wt%时,活性石灰的加入总量为 15 ~ 20Kg/ 吨钢,铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 1.50 ~ 2.50Kg/ 吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 4 ~ 6Kg/ 吨钢 ;

并且,每一批活性石灰的加入量为 3 ~ 8Kg/ 吨钢,并且控制最后一批活性石灰加入后预留有 10 ~ 15min 的精炼时间 ;铝质脱氧剂的加入批次不少于 2 次,且每一批铝质脱氧剂的加入间隔时间不大于 10min ;

所述高铝调渣剂的主要化学成分为 :Al 20 ~ 35wt%, CaO 18 ~ 38wt%, Al_2O_3 5 ~ 10wt%, CaF_2 6 ~ 10wt%,所述铝粒中 Al 含量达到 99wt%以上。

3. 根据权利要求 2 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述造白渣的步骤中配加萤石以利于化渣,所述萤石的加入总量为所述活性石灰加入总量的 10 ~ 15wt%。

4. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述第一操作或所述第二操作的转炉冶炼过程中,采用全程底吹氩的供气模式,并控

制底吹的吹氩流量不少于 $50\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

5. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述第一操作或所述第二操作的转炉冶炼过程中,在转炉出钢前进行定氧,并根据定氧结果向炉内加入高镁石灰和改质剂,稠渣处理镇静后出钢,所述改质剂的主要成分为:碳:10~20wt%,氧化镁 50~60wt%。

6. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述造渣剂的化学成分包括: SiO_2 :40.0~55.0wt%, MnO :0~10.0wt%, $\text{TFe} \geq 12.0\text{wt}\%$, $\text{P} \leq 0.10\text{wt}\%$, $\text{S} \leq 0.15\text{wt}\%$,所述造渣剂的加入量为 10~20Kg/吨钢。

7. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述第一操作的钢包精炼炉精炼的脱硫阶段或所述第二操作的第二次钢包精炼炉精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 $60 \sim 80\text{m}^3/\text{h}$,当钢水的硫含量和温度达到所述目标钢水的要求后降低吹氩流量至 $10\text{m}^3/\text{h}$ 以内。

8. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述方法还包括在所述第一操作或所述第二操作的真空循环脱气精炼的过程中,当钢水中的 C 含量不大于 0.010wt%后,加铝脱氧至氧活度不大于 10ppm。

9. 根据权利要求 1 所述的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,其特征在于,所述第一次钢包精炼炉精炼的步骤包括:将钢水兑入钢包精炼炉,加入 3~6Kg/吨钢的活性石灰进行第一次加热化渣,化渣后测温定氧,第一次加热升温至 $1600 \sim 1620^\circ\text{C}$ 时补加 10~20Kg/吨钢的所述铬铁,再次加热温度达到 $1640 \sim 1650^\circ\text{C}$ 后,停止加热,测温定氧,加入高铝调渣剂,软吹氩 2~3min,所述高铝调渣剂的主要化学成分为: Al 20~35wt%, CaO 18~38wt%, Al_2O_3 5~10wt%, CaF_2 6~10wt%,且高铝调渣剂的加入量为 1~2Kg/吨钢。

10. 一种高强度耐候钢,其特征在于,所述高强度耐候钢的化学成分为: C :0.01~0.04wt%, Si :0.10~0.20wt%, Mn :0.30~0.40wt%, Cr :3.45~3.75wt%, Ni :0.30~0.40wt%, Cu :0.40~0.50wt%, Nb :0.027~0.045wt%, Als :0.020~0.050wt%, Ti :0.01~0.015wt%, $\text{P} \leq 0.020\text{wt}\%$, $\text{S} \leq 0.005\text{wt}\%$,余量的铁以及不可避免的杂质。

一种高强度耐候钢及半钢冶炼高强度耐候钢的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及炼钢技术领域,更具体地讲,涉及一种高强度耐候钢和采用半钢冶炼该高强度耐候钢的方法。

背景技术

[0002] 耐候钢,又称为耐大气腐蚀钢,是介于普通钢和不锈钢之间的低合金钢系列,与普碳钢相比,耐候钢在大气中具有更优良的抗蚀性能。与不锈钢相比,耐候钢只有微量的合金元素,诸如磷、铜、铬、镍、钼、铌、钒、钛等,合金元素总量仅占百分之几,而不锈钢达到百分之十几,因此价格较为低廉。耐候钢具有较高的强度和有益的低温韧性,有益的焊接性能和成型性能,并具有优良的耐大气腐蚀性能,主要用于铁道、车辆、桥梁、塔架等长期暴露在大气中使用的钢结构,用于制造集装箱、铁道车辆、石油井架、海港建筑、采油平台及化工石油设备中含硫化氢腐蚀介质的容器等结构件。

发明内容

[0003] 针对现有技术中存在的不足,本发明的目的之一在于解决上述现有技术中存在的一个或多个问题。例如,本发明的目的之一在于提供一种在具有较高的屈服强度、延伸率以及耐大气腐蚀性能的高强度耐候钢。

[0004] 为了实现上述目的,本发明的一方面提供了一种半钢冶炼高强度耐候钢的方法。所述方法通过第一操作或第二操作来实现,第一操作包括顺序进行的提钒和脱硫预处理步骤、转炉冶炼步骤、真空循环脱气精炼步骤以及钢包精炼炉精炼步骤。

[0005] 其中,所述第一操作的提钒和脱硫预处理步骤包括:对含钒铁水进行提钒和脱硫预处理以获得半钢,所述半钢中的碳含量为 3.4 ~ 3.6wt%,硫含量不大于 0.003wt%,温度为 1300 ~ 1340°C,

[0006] 所述第一操作的转炉冶炼步骤包括:将所述半钢兑入转炉进行冶炼,在转炉冶炼过程中进行以下控制:向转炉内加入 2 ~ 4Kg/吨钢的硅铁,并加入造渣剂进行造渣;进行 Cu 和 Ni 合金化,以控制钢水中的 Cu 含量为 0.43 ~ 0.47wt%,Ni 含量为 0.33 ~ 0.37wt%;转炉冶炼终点控制要求为:钢水中的 [C] 为 0.03 ~ 0.04wt%、[S] ≤ 0.005wt% 以及 [P] ≤ 0.010wt%,终渣碱度 3 ~ 5,出钢温度不低于 1700°C;在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时所采用的铬铁加入量为 30 ~ 60Kg/吨钢,所述铬铁中的碳含量 < 0.50wt%。

[0007] 所述第一操作的真空循环脱气精炼步骤包括:对钢水进行真空循环脱气精炼,在真空循环脱气精炼前期加入 10 ~ 20Kg/吨钢的所述铬铁进行铬合金化,在真空循环脱气精炼过程中对钢水进行脱碳、脱氧和去除夹杂处理,以控制钢水中 [C] ≤ 0.010wt%,氧活度 ≤ 10ppm,并在脱氧处理后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Al_s 含量为 0.03 ~ 0.04wt%,Mn 含量为 0.20 ~ 0.25wt%。

[0008] 所述第一操作的钢包精炼炉精炼步骤包括:将钢水兑入钢包精炼炉造白渣并进行

脱硫精炼,具体地,在钢包精炼炉精炼过程中控制钢水的Als为0.03~0.04wt%;当完成造白渣并将钢水中的硫脱至不大于0.003wt%之后,进行Nb合金化以及对钢水中的Mn、Cu、Ni、Si、Cr和Als微调;并在所述Nb合金化以及对钢水中的Mn、Cu、Ni、Si、Cr和Als微调完成后,加入钛铁,以获得目标钢水,所述目标钢水的化学成分为:C:0.01~0.04wt%,Si:0.10~0.20wt%,Mn:0.30~0.40wt%,Cr:3.45~3.75wt%,Ni:0.30~0.40wt%,Cu:0.40~0.50wt%,Nb:0.027~0.045wt%,Als:0.020~0.050wt%,Ti:0.01~0.015wt%, $P \leq 0.020\text{wt}\%$, $S \leq 0.005\text{wt}\%$,余量的铁以及不可避免的杂质,所述目标钢水的温度为1590~1600℃。

[0009] 所述第二操作包括顺序进行的提钒和脱硫预处理步骤、转炉冶炼步骤、第一次钢包精炼炉精炼、真空循环脱气精炼步骤以及第二次钢包精炼炉精炼步骤。

[0010] 其中,所述第二操作的提钒和脱硫预处理步骤包括:对含钒铁水进行提钒和脱硫预处理以获得超低硫含量的半钢,其中,所述半钢的碳含量为3.4~3.6wt%,硫含量不大于0.003wt%,温度为1300~1340℃。

[0011] 所述第二操作的转炉冶炼步骤包括:将所述半钢兑入转炉进行冶炼,在转炉冶炼过程中进行以下控制:向转炉内加入2~4Kg/吨钢的硅铁,并加入造渣剂进行造渣;进行Cu和Ni合金化,以控制钢水中的Cu含量为0.43~0.47wt%,Ni含量为0.33~0.37wt%;转炉冶炼终点控制要求为:钢水中的[C]为0.03~0.04wt%、 $[S] \leq 0.005\text{wt}\%$ 以及 $[P] \leq 0.010\text{wt}\%$,终渣碱度3~5,出钢温度不低于1700℃;在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时所采用的铬铁加入量为30~60Kg/吨钢,所述铬铁中的碳含量 $< 0.50\text{wt}\%$ 。

[0012] 所述第二操作的第一次钢包精炼炉精炼包括:将钢水兑入钢包精炼炉进行第一次钢包精炼炉精炼,并在第一次钢包精炼炉精炼过程中加入10~20Kg/吨钢的所述铬铁进行铬合金化。

[0013] 所述第二操作的真空循环脱气精炼步骤包括:对钢水进行真空循环脱气精炼,在真空循环脱气精炼过程中对钢水进行脱碳、脱氧和去除夹杂处理,以控制钢水中 $[C] \leq 0.010\text{wt}\%$,氧活度 $\leq 10\text{ppm}$,并在脱氧处理后进行Al、Mn的合金化,以控制钢水中的Als含量为0.03~0.04wt%,Mn含量为0.20~0.25wt%。

[0014] 所述第二操作的第二次钢包精炼炉精炼步骤包括:再次将钢水兑入钢包精炼炉,造白渣并进行第二次钢包精炼炉精炼,具体地,在第二次钢包精炼炉精炼过程中控制钢水中的Als为0.03~0.04wt%;当完成造白渣并将钢水中的硫脱至不大于0.003wt%之后,进行Nb合金化以及对钢水中的Mn、Cu、Ni、Si、Cr和Als微调;并在所述Nb合金化以及对钢水中的Mn、Cu、Ni、Si、Cr和Als微调完成后加入钛铁,以获得目标钢水,所述目标钢水的化学成分为:C:0.01~0.04wt%,Si:0.10~0.20wt%,Mn:0.30~0.40wt%,Cr:3.45~3.75wt%,Ni:0.30~0.40wt%,Cu:0.40~0.50wt%,Nb:0.027~0.045wt%,Als:0.020~0.050wt%,Ti:0.01~0.015wt%, $P \leq 0.020\text{wt}\%$, $S \leq 0.005\text{wt}\%$,余量的铁以及不可避免的杂质。

[0015] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述造白渣的步骤可以包括以下操作:根据钢水中的S含量分批加入活性石灰和铝质脱氧剂进行升温脱硫精炼,具体地,当钢水中的S含量 $\leq 0.003\text{wt}\%$ 时,活性石灰的加入总量为5~10Kg/吨钢,

铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 0.50 ~ 1.5Kg/吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 2 ~ 3Kg/吨钢;当钢水中的 S 含量为 0.003 ~ 0.006wt% 时,活性石灰的加入总量为 10 ~ 15Kg/吨钢,铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 1 ~ 2Kg/吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 2 ~ 3Kg/吨钢;当钢水中的 S 含量 \geq 0.006wt% 时,活性石灰的加入总量为 15 ~ 20Kg/吨钢,铝质脱氧剂为铝粒且其加入总量为 1.50 ~ 2.50Kg/吨钢,或者铝质脱氧剂为高铝调渣剂且其加入总量为 4 ~ 6Kg/吨钢;并且,每一批活性石灰的加入量为 3 ~ 8Kg/吨钢,并且控制最后一批活性石灰加入后预留有 10 ~ 15min 的精炼时间;铝质脱氧剂的加入批次不少于 2 次,且每一批铝质脱氧剂的加入间隔时间不大于 10min;所述高铝调渣剂的主要化学成分为:Al 20 ~ 35wt%, CaO 18 ~ 38wt%, Al_2O_3 5 ~ 10wt%, CaF_2 6 ~ 10wt%, 所述铝粒中 Al 含量达到 99wt% 以上。

[0016] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述方法还可以包括在所述造白渣的步骤中配加萤石以利于化渣,所述萤石的加入总量为所述活性石灰加入总量的 10 ~ 15wt%。

[0017] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述方法还可以包括在所述第一操作或所述第二操作的转炉冶炼过程中,采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹的吹氩流量不少于 $50Nm^3/h$ 。

[0018] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述方法还可以包括在所述第一操作或所述第二操作的转炉冶炼过程中,在转炉出钢前进行定氧,并根据定氧结果向炉内加入高镁石灰和改质剂,稠渣处理镇静后出钢,所述改质剂的主要成分为:碳:10 ~ 20wt%,氧化镁 50 ~ 60wt%。

[0019] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述造渣剂的化学成分可以包括: SiO_2 :40.0 ~ 55.0wt%, MnO :0 ~ 10.0wt%, $TFe \geq 12.0wt%$, $P \leq 0.10wt%$, $S \leq 0.15wt%$,所述造渣剂的加入量为 10 ~ 20Kg/吨钢。

[0020] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述方法还可以包括在所述第一操作的钢包精炼炉精炼的脱硫阶段或所述第二操作的第二次钢包精炼炉精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 $60 \sim 80m^3/h$,当钢水的硫含量和温度达到所述目标钢水的要求后降低吹氩流量至 $10m^3/h$ 以内。

[0021] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述方法还可以包括在所述第一操作或所述第二操作的真空循环脱气精炼的过程中,当钢水中的 C 含量不大于 0.010wt% 后,加铝脱氧至氧活度不大于 10ppm。

[0022] 根据本发明半钢冶炼高强度耐候钢的方法的一个示例性实施例,所述第一次钢包精炼炉精炼的步骤可以包括:将钢水兑入钢包精炼炉,加入 3 ~ 6Kg/吨钢的活性石灰进行第一次加热化渣,化渣后测温定氧,第一次加热升温至 $1600 \sim 1620^\circ C$ 时补加 10 ~ 20Kg/吨钢的所述铬铁,再次加热温度达到 $1640 \sim 1650^\circ C$ 后,停止加热,测温定氧,加入高铝调渣剂,软吹氩 2 ~ 3min,所述高铝调渣剂的主要化学成分为:Al 20 ~ 35wt%, CaO 18 ~ 38wt%, Al_2O_3 5 ~ 10wt%, CaF_2 6 ~ 10wt%, 且高铝调渣剂的加入量为 1 ~ 2Kg/吨钢。

[0023] 本发明的另一方面提供了一种高强度耐候钢。所述高强度耐候钢的化学成分为:C:0.01 ~ 0.04wt%, Si:0.10 ~ 0.20wt%, Mn:0.30 ~ 0.40wt%, Cr:3.45 ~ 3.75wt%, Ni:0.30 ~ 0.40wt%, Cu:0.40 ~ 0.50wt%, Nb:0.027 ~ 0.045wt%, Als:0.020 ~ 0.050wt%,

Ti :0.01 ~ 0.015wt%, P ≤ 0.020wt%, S ≤ 0.005wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质。

[0024] 与现有技术相比,本发明的有益效果包括:通过合理分配各工序加入的合金种类和合金加入量,获得了合金含量高且满足产品质量指标的高强度耐候钢。

具体实施方式

[0025] 在下文中,将结合示例性实施例详细地描述根据本发明的高强度耐候钢和采用半钢冶炼该高强度耐候钢的方法。需要说明的是,在本发明中,如果没有例外的表述,则通常提到的物质中各元素或成分的含量均是重量百分含量,记为 wt%。钢包精炼炉精炼又称为钢包炉精炼、LF 精炼或 LF 炉精炼,真空循环脱气精炼又称为 RH 精炼。

[0026] 根据本发明一方面示例性实施例的高强度耐候钢的化学成分为:C:0.01 ~ 0.04wt%, Si 0.10 ~ 0.20wt%, Mn :0.30 ~ 0.40wt%, Cr :3.45 ~ 3.75wt%, Ni :0.30 ~ 0.40wt%, Cu :0.40 ~ 0.50wt%, Nb :0.027 ~ 0.045wt%, Als :0.020 ~ 0.050wt%, Ti :0.01 ~ 0.015wt%, P ≤ 0.020wt%, S ≤ 0.005wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质。

[0027] 本发明所要生产的高强度耐候钢的合金含量高,因而分配制备工艺中各个工序加入什么合金以及合金加入量是整改制备工艺的难点。

[0028] 根据本发明另一方面示例性实施例的半钢冶炼高强度耐候钢的方法,所采用的半钢通过含钒铁水经过脱硫和提钒预处理后获得,在获得半钢过程中的硅、锰元素几乎完全被氧化,碳也被氧化了一部分,因而半钢中的碳含量较普通铁水低,并且半钢中硅、锰发热成渣元素含量为痕迹,因此半钢冶炼具有吹炼过程中酸性成渣物质少、渣系组元单一、并且热量不足等特点,这使得半钢炼钢比铁水炼钢更加困难。本申请冶炼高强度耐候钢所采用的半钢是超低硫半钢,以防止在转炉冶炼过程中原材料所含硫成分,造成转炉回硫。在一个实施例中,半钢中的 C 含量为 3.4 ~ 3.6wt%, Si 含量为 0.015 ~ 0.030wt%, Mn 含量为 0.02 ~ 0.04wt%, P 含量为 0.06 ~ 0.08wt%, S ≤ 0.003wt%, 其兑入转炉时的温度为 1300 ~ 1340℃。

[0029] 根据本发明,可以采用两套工艺流程来生产高强度耐候钢,其中,第一套工艺可以概括为“半钢→转炉→LF 精炼→RH 精炼→LF 精炼→CC(连铸)”,具体包括以下步骤:

[0030] (1)、转炉冶炼

[0031] 将半钢兑入转炉进行冶炼,半钢兑入转炉的装入量 > 200 吨,在转炉冶炼过程中进行以下控制:

[0032] 根据入炉条件,向转炉内加入 2 ~ 4Kg/吨钢的硅铁作为提温材料,并加入造渣剂进行造渣,造渣剂的化学成分包括:SiO₂:40.0 ~ 55.0wt%, MnO :0 ~ 10.0wt%, TFe ≥ 12.0wt%, P ≤ 0.10wt%, S ≤ 0.15wt%, 造渣剂的加入量为 10 ~ 20Kg/吨钢。

[0033] 转炉采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹单砖流量(即底吹的吹氩流量) ≥ 50Nm³/h。全程吹氩可以有效控制钢水中氮含量,改善钢水质量;而采取底吹模式,并采用适当的底吹流量,可降低渣中氧化性。

[0034] 转炉内进行 Cu 和 Ni 合金化,配加时应考虑半钢残 Cu、Ni(残 Cu、Ni 可根据取样分析结果判定),并按照高强度耐候钢化学成分中相应元素含量范围的中限控制,例如,控制钢水中的 Cu 含量为 0.43 ~ 0.47wt%, Ni 含量为 0.33 ~ 0.37wt%。

[0035] 转炉冶炼终点控制要求为:钢水中的 [C] 为 0.03 ~ 0.04wt%、[S] ≤ 0.005wt% 以

及 $[P] \leq 0.010\text{wt}\%$, 终渣碱度 3 ~ 5, 出钢温度不低于 1700℃。出钢前进行定氧, 根据定氧结果向炉内加入高镁石灰和改质剂, 稠渣处理镇静后出钢。其中, 终点 $[C]$ 控制为 0.03 ~ 0.04wt% 主要考虑在后续合金化过程中, 所加入的合金中不可避免的会引入碳, 若转炉出钢碳含量过高, 会直接导致成分超标 (即碳含量超标); 若转炉出钢碳含量过低, 会导致钢水过氧化, 钢水纯净度差。将终渣碱度控制为 3 ~ 5 的原因是: 若碱度过低造成脱磷困难; 若碱度过高, 操作困难, 炉渣容易“返干”, 所以将终渣控制在 3 ~ 5 的碱度最合适。将转炉出钢温度控制在 1700℃ 以上主要考虑转炉冶炼过程中合金的加入量大, 使温降大, 若出钢温度过低, 会直接导致钢包吹氩不通, 以及加热时间长, 即转炉出钢温度低, 会导致进 LF 炉初期加热时间长, 造成第一次进 LF 炉加热时间长, 导致加热过程增碳, 进而使得钢水成分不合格。由于高强度耐候钢冶炼终点, 炉渣较稀, 并且氧化性强, 所以进行炉渣改质后出钢。加入高镁石灰和改质剂的作用是使炉渣更稠, 降低渣中氧化性, 减少下渣速度和下渣后的回磷。改质剂主要成分: 碳: 10 ~ 20wt%, 氧化镁 50 ~ 60wt%。

[0036] 红包、挡渣出钢。出钢前 1 ~ 2min 开通氩气排除罐内空气, 这里, 开启底吹, 提前对钢包内空气进行置换, 更利于减少钢水中氮含量。

[0037] 在转炉出钢过程中只进行铬合金化, 且进行铬合金化时铬铁的加入量不宜过大, 所采用的铬铁加入量为 30 ~ 60Kg/吨钢, 要求铬铁中的碳含量 $< 0.50\text{wt}\%$, 即微碳铬铁。控制铬铁加入量的目的是控制好钢包温度, 即控制好转炉出钢过程中合金的温降, 控制好温度, 保证底吹效果, 保证转炉出完钢后直接至真空处理工序, 缩短工艺时间。若铬铁合金加入量过大, 钢水温度低, 会导致底吹不通, 如按转炉 -RH-LF 工艺, 送至 RH 工序后不能进行真空循环, 导致该炉钢水冶炼不成功。

[0038] (2) 第一次 LF 精炼

[0039] 将钢水兑入钢包精炼炉, 加入 3 ~ 6Kg/吨钢的活性石灰, 进行第一次加热化渣; 化渣后测温定氧以防止钢水二次氧化并有利于埋伏加热, 第一次加热升温至 1600 ~ 1620℃ 补加 10 ~ 20Kg/吨钢的微碳铬铁, 再次加热温度达到 1640 ~ 1650℃ 后, 停止加热, 测温定氧, 加入高铝调渣剂进行渣面脱氧, 例如, 1 ~ 2Kg/吨钢的高铝调渣剂, 其中, 高铝调渣剂的主要化学成分为: Al 20 ~ 35wt%, CaO 18 ~ 38wt%, Al_2O_3 5 ~ 10wt%, CaF_2 6 ~ 10wt%。软吹氩 2 ~ 3min 出站, 吹氩过程严禁钢液裸露。

[0040] 以上, 第一次化渣加热目的是均匀钢水成分, 由于在转炉加入大量合金, 不能完全融化完, 所以采取化渣加热方式。再次加热根据第一次加热后温度、成分进行二次补加微碳铬铁, 最终达到第一次 LF 精炼的出站温度, 同时已满足 RH 处理所需温度。加入高铝调渣剂的作用是对钢包渣进行脱氧, 此次高铝调渣剂不能用铝丸进行替换, 这是因为铝丸加入后不仅仅降低了钢包渣的铝含量还会降低钢水中的氧含量, 从而会导致真空不能将碳脱至 0.01wt%。

[0041] (3) RH 精炼

[0042] 将钢水送至真空循环脱气精炼工序, 钢水进站后测温定氧。真空循环主要目的是降碳, 去夹杂、脱氢。

[0043] RH 脱碳处理, 若氧活度 $\leq 300\text{ppm}$, 采用强制脱碳; 若氧活度 $> 300\text{ppm}$, 则采用自然脱碳, 真空循环 $[C]$ 控制目标 $\leq 0.010\text{wt}\%$; 当 $[C] \leq 0.010\text{wt}\%$ 后定氧, 加铝脱氧至氧活度 $\leq 10\text{ppm}$ 。

[0044] 脱氧后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Al_s(酸溶铝)含量为 0.03 ~ 0.04wt%, Mn 含量为 0.20 ~ 0.25wt%,其中, Mn 合金化采用低碳锰铁,合金化后的循环时间不小于 6min。在真空处理过程中,将氧含量控制在 ≤ 10PPm,进行脱氧后,在进行真空循环大于 6min,有利于夹杂物的上浮。

[0045] (4) 第二次 LF 精炼

[0046] 将钢水送至 LF 精炼工序,钢水到站后,根据 RH 出站钢水中的 [S] 含量,参考下表 1 分批加入活性石灰和铝质脱氧剂(例如,高铝调渣剂、铝丸)进行升温精炼,每批活性石灰加入量为 3 ~ 8Kg/吨钢,最后一批活性石灰加入后留有 10 ~ 15min 的精炼时间;铝质脱氧剂的加入批次应不少于 2 次,每批铝质脱氧剂的加入间隔时间不大于 10min,以保持炉内的还原气氛。以上,加入活性石灰与铝质脱氧剂并控制其各自的加入量是为了获得还原性的白渣从而脱硫,LF 炉加热精炼时间应在 30min 以上,并且在精炼过程分析 S 和 Al_s 含量,并根据 Al_s 变化情况补加铝丸(铝粒),确保精炼过程 Al_s 在 0.03 ~ 0.04wt%,以利于形成白渣。另外,当化渣效果不好时,可根据活性石灰加入量配加 10 ~ 15wt% 的萤石,即,萤石的加入总量为活性石灰加入总量的 10 ~ 15wt%。

[0047] 表 1 活性石灰和钢包渣脱氧剂的加入制度

[0048]

[S], wt%	≤ 0.003	0.003 ~ 0.006	≥ 0.006
活性石灰加入总量, Kg/吨钢	5 ~ 10	10 ~ 15	15 ~ 20
高铝调渣剂加入总量, Kg/吨钢	2 ~ 3	2 ~ 3	4 ~ 6
铝粒加入总量, Kg/吨钢	0.50 ~ 1.5	1 ~ 2	1.50 ~ 2.50

[0049] 其中,在第一次 LF 精炼时不能用铝粒或铝丸作为高铝调渣剂,这是因为第一次 LF 精炼加铝丸会导致钢水中氧被脱掉,钢水中没有氧,真空精炼无法脱碳,而在第二次 LF 精炼加入铝质脱氧剂是为了造成白渣,将钢水中和渣中的氧全部脱掉,因而可以采用铝粒。

[0050] 在本次 LF 精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 60 ~ 80m³/h,以保证脱硫效果,当钢水的硫含量和温度达到目标钢水的要求后降低吹氩流量至 10m³/h 以内,以确保钢液不裸露。

[0051] 当完成造白渣并将钢水中的硫脱至不大于 0.003wt% 之后,LF 炉进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al_s 微调,微调 Cr 采用微碳铬铁, Cr 的出站目标为 3.60wt%, Al_s 出站目标为 0.04wt%, C 出站目标为 0.02wt%, S 出站目标 ≤ 0.003wt%, Si 按 0.13wt% 控制,其余成分按高强度耐候钢相应含量范围的中限控制,并在 Nb、Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al_s 合金化完成后出站前加入钛铁进行钛合金化,例如,加入 0.5 ~ 0.6kg/吨钢的 40FeTi,这里,在其他合计元素合金化完成后进行钛合金化是因为钛是容易氧化元素,加入过早,容易烧损,所以采取后期加入。获得目标钢水,目标钢水的化学成分为: C : 0.01 ~ 0.04wt%, Si : 0.10 ~ 0.20wt%, Mn : 0.30 ~ 0.40wt%, Cr : 3.45 ~ 3.75wt%, Ni : 0.30 ~ 0.40wt%, Cu : 0.40 ~ 0.50wt%, Nb : 0.027 ~ 0.045wt%, Al_s : 0.020 ~ 0.050wt%, Ti : 0.01 ~ 0.015wt%, P ≤ 0.020wt%, S ≤ 0.005wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质,目标钢水的温度为 1590 ~ 1600℃。

[0052] LF 精炼结束后,每炉喂 1.5 ~ 2m/吨钢的钙铝线,喂线过程控制氩气流量,避免钢液大翻,喂线后软吹 $\geq 8\text{min}$ 方能出站。以上操作的目的是控制钢中的夹杂物。

[0053] (5) 连铸

[0054] 将钢水送至连铸工序进行铸造。

[0055] 第二套制备工艺可以概括为“半钢 \rightarrow 转炉 \rightarrow RH 精炼 \rightarrow LF 精炼 \rightarrow CC”,具体包括以下步骤:

[0056] (1) 转炉冶炼

[0057] 将半钢兑入转炉进行冶炼,冶炼要求与第一套制备工艺中的转炉冶炼要求相同,在此不再赘述。

[0058] (2)RH 精炼

[0059] 对钢水进行真空循环脱气精炼,本步骤的冶炼要求和第一套制备工艺中的 RH 精炼要求基本相同,不同之处在于,本套工艺中还包括在真空精炼的前期,例如,真空循环前 5 分钟加入 10 ~ 20Kg/吨钢的铬铁进行铬合金化,当 $[C] \leq 0.010\text{wt}\%$ 后定氧,加铝脱氧至氧活度 $\leq 10\text{ppm}$,脱氧后开始 Al、Mn 合金化。这里,由于铬铁合金中含有碳,故将加入铬铁进行铬合金化的时机选择在真空循环脱气精炼前期,以使其带入的碳在真空循环过程中被脱去,以避免铬铁合金导致增碳。

[0060] (3)LF 精炼

[0061] 本步骤与第一套制备工艺中的第二次 LF 精炼步骤相同,在此不再赘述。

[0062] 为了更好地理解本发明的上述示例性实施例,下面结合具体示例对其进行进一步说明。

[0063] 示例 1

[0064] (1)、转炉冶炼

[0065] 将半钢兑入转炉进行冶炼,半钢兑入转炉的装入量 215 吨,在转炉冶炼过程中进行以下控制:

[0066] 根据入炉条件,向转炉内加入 3Kg/吨钢的硅铁作为提温材料,并加入造渣剂进行造渣,造渣剂的化学成分包括: $\text{SiO}_2:48\text{wt}\%$, $\text{MnO}:4.5\text{wt}\%$, $\text{TFe}:14\text{wt}\%$, $\text{P}:0.08\text{wt}\%$, $\text{S}:0.1\text{wt}\%$,造渣剂的加入量为 11Kg/吨钢。转炉采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹单砖流量 $70\text{Nm}^3/\text{h}$ 。

[0067] 转炉内进行 Cu 和 Ni 合金化,配加时应考虑半钢残 Cu、Ni (残 Cu、Ni 可根据取样分析结果判定),钢水中残余的 Cu 含量为: $0.05\text{wt}\%$, Ni 含量为: $0.02\text{wt}\%$ 。

[0068] 转炉冶炼终点控制为:钢水中的 $[C]$ 为: $0.032\text{wt}\%$ 、 $[S]$: $0.005\text{wt}\%$ 以及 $[P]$: $0.008\text{wt}\%$,终渣碱度: 4.1,出钢温度: 1711°C 。出钢前进行定氧,根据定氧结果向炉内加入高镁石灰 5Kg/吨钢和改质剂 2Kg/吨钢,改质剂主要成分:碳: $20\text{wt}\%$,氧化镁 $60\text{wt}\%$,稠渣处理镇静后出钢。

[0069] 红包、挡渣出钢。出钢前 2min 开通氩气排除罐内空气。

[0070] 在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时铬铁的加入量不宜过大,所采用的铬铁加入量为: $45\text{Kg}/\text{吨钢}$,铬铁中的碳含量: $0.3\text{wt}\%$ 。

[0071] (2) 第一次 LF 精炼

[0072] 将钢水兑入钢包精炼炉,加入 5Kg/吨钢的活性石灰,进行第一次加热化渣;化渣

后测温定氧,第一次加热升温至 1600℃左右后补加 10Kg/吨钢的微碳铬铁,再次加热温度达到 1645℃后,停止加热,测温定氧,加入 2Kg/吨钢的高铝调渣剂,吹氩 3min 出站,吹氩过程严禁钢液裸露。高铝调渣剂的成分为 Al 30wt%, CaO 28wt%, Al_2O_3 8wt%, CaF_2 9wt%。

[0073] (3) RH 精炼

[0074] 将钢水送至真空循环脱气精炼工序,钢水进站后测温定氧,氧活度为 328ppm。

[0075] RH 脱碳处理,采用自然脱碳,[C] 控制目标 0.010wt%;当 [C] 达到 0.010wt%后定氧,加铝脱氧至氧活度 5ppm。

[0076] 脱氧后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Al 含量为 0.032wt%,Mn 含量为 0.23wt%,其中,Mn 合金化采用低碳锰铁,合金化后的循环时间 7min。

[0077] RH 处理周期 30min。

[0078] (4) 第二次 LF 精炼

[0079] RH 出站钢水中的 [S] 含量为 0.005wt%,将钢水送至 LF 精炼工序,钢水到站后,分批加入活性石灰和高铝调渣剂进行 LF 精炼,活性石灰加入总量为 10Kg/吨钢,每批活性石灰加入量为 5Kg/吨钢;高铝调渣剂的加入总量为 2Kg/吨钢,每批高铝调渣剂的加入量为 0.5Kg/吨钢,高铝调渣剂的加入批次为 4 次,每批铝粒的加入间隔时间 8min,高铝调渣剂的成分为 Al 30wt%, CaO 28wt%, Al_2O_3 8wt%, CaF_2 9wt%。在精炼过程分析 S 和 Al 含量,并根据 Al 变化情况补加铝丸,确保精炼过程 Al 在 0.03 ~ 0.04wt%,以利于形成白渣。当化渣效果不好时,可配加 1 ~ 1.5Kg/吨钢的萤石。

[0080] 在 LF 精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 70m³/h,以保证脱硫效果,当钢水的硫含量和温度达到目标钢水的要求后降低吹氩流量至 10m³/h,以确保钢液不裸露。

[0081] 完成造白渣工艺和将硫脱至小于或等于 0.003wt%后 LF 炉进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al 微调,微调 Cr 采用微碳铬铁,Cr 的出站目标为 3.60wt%,Al 出站目标为 0.04wt%,C 出站目标为 0.02wt%,S 出站目标 ≤ 0.003wt%,Si 按 0.13wt%控制,其余成分按高强度耐候钢相应含量范围的中限控制,并在合金化完成后出站前加入钛铁,例如,加入 0.5Kg/吨钢的 40FeTi 获得目标钢水,出站钢水的化学成分为: C :0.02wt%, Si :0.14wt%, Mn :0.34wt%, Cr :3.6wt%, Ni :0.35wt%, Cu :0.45wt%, Nb :0.035wt%, Al :0.04wt%, Ti :0.014wt%, P :0.012wt%, S :0.002wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质,出站钢水的温度为 1598℃。

[0082] LF 精炼结束后,喂 2m/吨钢的钙铝线,喂线过程控制氩气流量,避免钢液大翻,喂线后软吹 10min 出站。

[0083] LF 处理周期 57min。

[0084] (5) 连铸

[0085] 将钢水送至连铸工序进行铸造。

[0086] 示例 2

[0087] 本示例的工艺流程为“半钢→转炉→RH 精炼→LF 精炼→CC”,具体包括以下步骤:

[0088] (1) 转炉冶炼

[0089] 将半钢兑入转炉进行冶炼,半钢兑入转炉的装入量 222 吨,在转炉冶炼过程中进

行以下控制：

[0090] 根据入炉条件,向转炉内加入 2.5Kg/吨钢的硅铁作为提温材料,并加入造渣剂进行造渣,造渣剂的化学成分包括:SiO₂:48wt%,MnO:4.5wt%,TFe:14wt%,P:0.08wt%,S:0.1wt%,造渣剂的加入量为 12Kg/吨钢。转炉采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹单砖流量 60Nm³/h。

[0091] 转炉内进行 Cu 和 Ni 合金化,配加时应考虑半钢残 Cu、Ni(残 Cu、Ni 可根据取样分析结果判定),钢水中残余的 Cu 含量为:0.04wt%,Ni 含量为:0.02wt%。

[0092] 转炉冶炼终点控制为:钢水中的 [C] 为:0.035wt%、[S]:0.005wt% 以及 [P]:0.009wt%,终渣碱度:4.3,出钢温度:1723℃。出钢前进行定氧,根据定氧结果向炉内加入 5Kg/吨钢的高镁石灰和 2Kg/吨钢的改质剂。改质剂主要成分:碳:20wt%,氧化镁 60wt%,稠渣处理镇静后出钢。

[0093] 红包、挡渣出钢。出钢前 2min 开通氩气排除罐内空气。

[0094] 在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时铬铁的加入量不宜过大,所采用的铬铁加入量为:35Kg/吨钢,铬铁中的碳含量:0.3wt%。

[0095] (2)RH 精炼

[0096] 将钢水送至真空循环脱气精炼工序,钢水进站后测温定氧,氧活度为 351ppm。

[0097] RH 脱碳处理,采用自然脱碳 [C] 控制目标 0.010wt%。在真空循环前 5 分钟加入 10Kg/吨钢的铬铁进行铬合金化,当 [C] 达到 0.010wt% 后定氧,加铝脱氧至氧活度 4.1ppm。

[0098] 然后进行 Al、Mn 的合金化,以控制钢水中的 Al_s 含量为 0.035wt%,Mn 含量为 0.25wt%,其中,Mn 合金化采用低碳锰铁,合金化后的循环时间 9min。

[0099] RH 处理周期 32min。

[0100] (3)LF 精炼

[0101] RH 出站钢水中的 [S] 含量为 0.005wt%,将钢水送至 LF 精炼工序,钢水到站后,分批加入活性石灰和铝粒升温精炼,活性石灰加入总量为 10Kg/吨钢,每批活性石灰加入量为 3Kg/吨钢;铝粒的加入总量为 2Kg/吨,每批铝粒加入量为 0.5Kg/吨钢,铝粒的加入批次为 4 次,每批铝粒的加入间隔时间 8min,铝粒的成分为 100wt% 的 Al。在精炼过程分析 S 和 Al_s 含量,并根据 Al_s 变化情况补加铝粒,确保精炼过程 Al_s 在 0.03~0.04wt%,以利于形成白渣。另外,当化渣效果不好时,可配加 1~1.5Kg/吨钢的萤石。

[0102] 在 LF 精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 70m³/h,以保证脱硫效果,当钢水的硫含量和温度达到目标钢水的要求后降低吹氩流量至 10m³/h,以确保钢液不裸露。

[0103] 完成造白渣工艺和将硫脱至小于或等于 0.003wt% 后,LF 炉进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al_s 微调,微调 Cr 采用微碳铬铁,Cr 的出站目标为 3.60wt%,Al_s 出站目标为 0.04wt%,C 出站目标为 0.02wt%,S 出站目标 ≤ 0.003wt%,Si 按 0.13wt% 控制,其余成分按高强度耐候钢相应含量范围的中限控制,并在 Nb、Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Al_s 合金化完成后出站前加入钛铁,加入 0.5Kg/吨钢的 40FeTi 获得目标钢水,目标钢水的化学成分为:C:0.025wt%,Si:0.15wt%,Mn:0.35wt%,Cr:3.62wt%,Ni:0.34wt%,Cu:0.46wt%,Nb:0.037wt%,Al_s:0.038wt%,Ti:0.015wt%,P:0.013wt%,S:0.002wt%,余量的铁以及不可避免的杂质,目标钢水的温度为 1592℃。

[0104] LF 精炼结束后,喂 2m/ 吨钢的钙铝线,喂线过程控制氩气流量,避免钢液大翻,喂线后软吹 12min 出站。

[0105] LF 处理周期 53min。

[0106] (5) 连铸

[0107] 将钢水送至连铸工序进行铸造。

[0108] 示例 3

[0109] (1)、转炉冶炼

[0110] 将半钢兑入转炉进行冶炼,半钢兑入转炉的装入量 213 吨,在转炉冶炼过程中进行以下控制:

[0111] 根据入炉条件,向转炉内加入 3.3Kg/ 吨钢的硅铁作为提温材料,并加入造渣剂进行造渣,造渣剂的化学成分包括:SiO₂:48wt%,MnO:4.5wt%,TFe:14wt%,P:0.08wt%,S:0.1wt%,造渣剂的加入量为 10Kg/ 吨钢。转炉采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹单砖流量 60Nm³/h。

[0112] 转炉内进行 Cu 和 Ni 合金化,配加时应考虑半钢残 Cu、Ni(残 Cu、Ni 可根据取样分析结果判定),钢水中残余的 Cu 含量为:0.05wt%,Ni 含量为:0.02wt%。

[0113] 转炉冶炼终点控制为:钢水中的 [C] 为:0.030wt%、[S]:0.005wt% 以及 [P]:0.009wt%,终渣碱度:4.4,出钢温度:1716℃。出钢前进行定氧,根据定氧结果向炉内加入高镁石灰 5Kg/ 吨钢和改质剂 2Kg/ 吨钢,改质剂主要成分:碳:20wt%,氧化镁 60wt%,稠渣处理镇静后出钢。

[0114] 红包、挡渣出钢。出钢前:2min 开通氩气排除罐内空气。

[0115] 在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时铬铁的加入量不宜过大,所采用的铬铁加入量为:50Kg/ 吨钢,铬铁中的碳含量:0.3wt%。

[0116] (2) 第一次 LF 精炼

[0117] 将钢水兑入钢包精炼炉,加入 3Kg/ 吨钢的活性石灰,进行第一次加热化渣;化渣后测温定氧,第一次加热升温至 1600℃左右后补加 10Kg/ 吨钢的微碳铬铁,再次加热温度达到:1645℃后,停止加热,测温定氧,加入 1Kg/ 吨钢的高铝调渣剂,吹氩 2 分钟出站,吹氩过程钢液波动。高铝调渣剂的成分为 Al 30wt%,CaO 28wt%,AL₂O₃8wt%,CaF₂9wt%。

[0118] (3)RH 精炼

[0119] 将钢水送至真空循环脱气精炼工序,钢水进站后测温定氧,氧活度为 305ppm。

[0120] RH 脱碳处理,采用自然脱碳,[C] 控制目标 0.010wt%;当碳含量达到控制目标后定氧,加铝脱氧,出站氧活度 4ppm。

[0121] 脱氧后进行 Al、Mn 的合金化,钢水中的 Als 含量为 0.030wt%,Mn 含量为 0.24wt%,RH 处理周期 30min。

[0122] (4) 第二次 LF 精炼

[0123] RH 出站钢水中的 [S] 含量为 0.005wt%,将钢水送至 LF 精炼工序,钢水到站后,分批加入活性石灰和高铝调渣剂进行升温精炼,活性石灰加入总量为 12Kg/ 吨钢,高铝调渣剂的成分为 Al 30wt%,CaO 28wt%,AL₂O₃8wt%、CaF₂9wt%,每批活性石灰加入量为 3Kg/ 吨钢,高铝调渣剂的加入总量为 3.0Kg/ 吨钢,每批高铝调渣剂的加入量为 1.0Kg/ 吨钢,高铝调渣剂的加入批次为 3 次,每批高铝调渣剂的加入间隔时间 8min。在精炼过程分析 S 和

Als 含量,并根据 Als 变化情况补加铝丸,确保精炼过程 Als 在 0.03 ~ 0.04wt%,以利于形成白渣。另外,当化渣效果不好时,可配加 1 ~ 1.5Kg/吨钢的萤石。

[0124] 在 LF 精炼的脱硫阶段,将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 68m³/h,以保证脱硫效果,当钢水的硫含量和温度达到目标钢水的要求后降低吹氩流量至 10m³/h,以确保钢液不裸露。

[0125] 完成造白渣工艺和将硫脱 0.002wt%后,LF 炉进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 微调,微调 Cr 采用微碳铬铁,Cr 的出站目标为 3.60wt%,Als 出站目标为 0.04wt%,C 出站目标为 0.02wt%,S 出站目标 ≤ 0.003wt%,Si 按 0.13wt%控制,其余成分按高强度耐候钢相应含量范围的中限控制,并在 Nb、Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 合金化完成后出站前加入钛铁,例如,加入 0.5Kg/吨钢的 40FeTi 获得目标钢水,钢水出站的化学成分为:C :0.021wt%,Si :0.15wt%,Mn :0.35wt%,Cr :3.59wt%,Ni :0.34wt%,Cu :0.46wt%,Nb :0.034wt%,Als :0.04wt%,Ti :0.015wt%,P :0.013wt%,S :0.002wt%,余量的铁以及不可避免的杂质,目标钢水的温度为 1595℃。

[0126] LF 精炼结束后,喂 2m/吨钢的钙铝线,喂线过程氩气流量 10m³/h,避免钢液大翻,喂线后软吹 11min 出站。

[0127] LF 处理周期 57min。

[0128] 示例 4

[0129] 本示例的工艺流程为“半钢→转炉→RH 精炼→LF 精炼→CC”,具体包括以下步骤:

[0130] (1) 转炉冶炼

[0131] 将半钢兑入转炉进行冶炼,半钢兑入转炉的装入量 218 吨,在转炉冶炼过程中进行以下控制:

[0132] 根据入炉条件,向转炉内加入 3.2Kg/吨钢的硅铁作为提温材料,并加入造渣剂进行造渣,造渣剂的化学成分包括:SiO₂:48wt%,MnO :4.5wt%,TFe :14wt%,P :0.08wt%,S :0.1wt%,造渣剂的加入量为 10Kg/吨钢。转炉采用全程底吹氩的供气模式,并控制底吹单砖流量 65Nm³/h。

[0133] 转炉内进行 Cu 和 Ni 合金化,配加时应考虑半钢残 Cu、Ni (残 Cu、Ni 可根据取样分析结果判定),钢水中残余的 Cu 含量为 :0.04wt%,Ni 含量为 :0.02wt%。

[0134] 转炉冶炼终点控制为:钢水中的 [C] 为 :0.030wt%、[S] :0.005wt% 以及 [P] :0.007wt%,终渣碱度 :4.0,出钢温度 :1729℃。出钢前进行定氧,根据定氧结果向炉内加入高镁石灰 5Kg/吨钢和改质剂 2Kg/吨钢。改质剂主要成分:碳 :20wt%,氧化镁 60wt%,稠渣处理镇静后出钢。

[0135] 红包、挡渣出钢。出钢前 2min 开通氩气排除罐内空气。

[0136] 在转炉出钢过程中只进行铬合金化,且进行铬合金化时铬铁的加入量不宜过大,所采用的铬铁加入量为 :40Kg/吨钢,铬铁中的碳含量 :0.3wt%。

[0137] (2)RH 精炼

[0138] 将钢水送至真空循环脱气精炼工序,钢水进站后测温定氧,氧活度为 342ppm。

[0139] RH 脱碳处理,采用自然脱碳,[C] 控制目标 0.010wt%。在真空循环前 5 分钟加入 10Kg/吨钢的铬铁进行铬合金化,当 [C] 达到 0.010wt%后定氧,加铝脱氧,出站氧活度

4. 6ppm。

[0140] 脱氧后进行 Al、Mn 的合金化, 出站钢水中的 Als 含量为 0.037wt%, Mn 含量为 0.26wt%, 合金化后的循环时间 10min。

[0141] RH 处理周期 32min。

[0142] (3)LF 精炼

[0143] 将钢水送至 LF 精炼工序, 钢水到站后, 加入 5Kg/ 吨钢的活性石灰、0.5Kg/ 吨钢的萤石和 1Kg/ 吨钢的铝粒, 加热化渣。铝粒中含有 99wt% 的 Al。

[0144] RH 出站钢水中的 [S] 含量为 0.045wt%, 分批加入活性石灰和铝粒升温精炼, 活性石灰加入总量为 10Kg/ 吨钢, 每批活性石灰加入量为 3Kg/ 吨钢; 铝粒的加入总量为 1Kg/ 吨钢, 每批铝粒加入量为 0.5Kg/ 吨钢, 铝粒的加入批次为 2 次, 每批铝粒的加入间隔时间 8min。在精炼过程分析 S 和 Als 含量, 并根据 Als 变化情况补加铝粒, 确保精炼过程 Als 在 0.03 ~ 0.04wt%, 以利于形成白渣。另外, 当化渣效果不好时, 可配加 1 ~ 1.5Kg/ 吨钢的萤石。

[0145] 在 LF 精炼的脱硫阶段, 将钢包底吹氩的吹氩流量控制为 80m³/h, 以保证脱硫效果, 当钢水的硫含量和温度达到目标钢水的要求后降低吹氩流量至 10m³/h, 以确保钢液不裸露。

[0146] 完成造白渣工艺和将硫脱于 0.002wt% 后, LF 炉进行 Nb 合金化以及对钢水中的 Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 微调, 微调 Cr 采用微碳铬铁, Cr 的出站目标为 3.60wt%, Als 出站目标为 0.04wt%, C 出站目标为 0.02wt%, S 出站目标 ≤ 0.003wt%, Si 按 0.13wt% 控制, 其余成分按高强度耐候钢相应含量范围的中限控制, 并在 Nb、Mn、Cu、Ni、Si、Cr 和 Als 合金化完成后出站前加入钛铁, 加入 0.6Kg/ 吨钢的 40FeTi 获得目标钢水, 目标钢水的化学成分为: C: 0.024wt%, Si: 0.145wt%, Mn: 0.36wt%, Cr: 3.64wt%, Ni: 0.34wt%, Cu: 0.45wt%, Nb: 0.035wt%, Als: 0.037wt%, Ti: 0.015wt%, P: 0.010wt%, S: 0.002wt%, 余量的铁以及不可避免的杂质, 出站钢水的温度为 1592℃。

[0147] LF 精炼结束后, 喂 2m/ 吨钢的钙铝线, 喂线过程氩气流量 10m³/h, 喂线后软吹 10min 出站。

[0148] LF 处理周期 55min。

[0149] 经验证, 根据上述示例 1-4 所生产的高强度耐候钢的性能均满足下表 2 所示出的高强度耐候钢的产品指标。

[0150] 表 2 高强度耐候钢的产品指标

[0151]

Rel/MPa	Rm/MPa	屈服比	A/wt%		180°弯曲试验弯心直径		V 型弯曲试验
			≤6	>6	≤6	>6	-40℃/J
≥450	550~750	≤0.8	≥20	≥18	D=a	D=2a	60

[0152] 在表 2 中, Rm 为抗拉强度, Rel 代表屈服强度, A/wt% 代表延伸率, a 表示钢板的轧制厚度, D 表示弯曲的直径, “≤6” 和 “>6” 代表直径的大小, V 型弯曲试验一列的 -40℃ /

J代表在-40℃温度条件下进行V型弯曲试验时的冲击功。

[0153] 根据本发明,采用半钢为原料,在生产中合理分配各个工序的合金加入制度,冶炼获得满足的高强度耐候钢的产品指标。

[0154] 尽管上面已经通过结合示例性实施例描述了本发明,但是本领域技术人员应该清楚,在不脱离权利要求所限定的精神和范围的情况下,可对本发明的示例性实施例进行各种修改和改变。