

一种耐候钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种合金钢板,具体的说,是涉及一种用于单轨道岔的耐候钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 单轨铁路是铁路的一种,特点是使用的轨道只有一条。和城市轨道交通系统相似,单轨铁路主要应用在城市人口密集的地方,用来运载乘客。单轨铁路通常为高架,具有成本低、污染小和施工工期短的优点,且单轨铁路占地少,能有效利用道路中央隔离带,是改善城市交通的一个有效途径。

[0003] 而现有用于制造单轨道岔用的耐候钢板,大多是通过提高钢板中的P含量来提高其耐腐蚀性,忽视了钢板的韧塑性和焊接性能。且Cu、Cr、Ni含量也相对较少,耐候性能不足,并且制造工艺也相对复杂,不能够兼顾性能和生产成本。

发明内容

[0004] 发明目的:为解决现有技术的缺陷,本发明提供了一种耐候钢板,为单轨道岔提供一种合金成本低,焊接性能优异,同时具有超高强、高韧以及耐候性的钢板。

[0005] 本发明的另一目的是提供一种耐候钢板的制造方法,该方法能制造出上述成本与性能兼顾的耐候钢板。

[0006] 技术方案:本发明所述的一种耐候钢板,成分以质量%计含有C:0.04-0.10%、Si:0.18-0.35%、Mn:1.00-1.60%、P:0.008-0.015%、Cu:0.25-0.45%、Cr:0.40-0.60%、Ni:0.30-0.50%、Al:0.02-0.05%、Nb:0.01-0.05%,余量为铁和无法避免的杂质。

[0007] 本发明所述的耐候钢板各成分的限定理由如下:

[0008] C:采用低碳成分设计,碳含量较高对钢的冲击韧性,尤其是上平台冲击功非常不利,且明显损害焊接性能,同时考虑到生产控制的难易程度,碳含量不能太低,故限定其含量为0.04-0.10%。

[0009] Si:硅在炼钢过程中为脱氧元素,而且适量的硅能够抑制锰和磷的偏聚,并能通过固溶强化提高钢的强度,但是硅含量过高又会恶化钢的焊接性能以及低温韧性,因此限定其含量0.18-0.35%。

[0010] Mn:锰在炼钢过程中同为脱氧的必要元素,同样通过固溶强化提高钢的强度,为了实现足够高的拉伸强度,锰含量不能过低,但是锰含量过高也会恶化钢的焊接性能和低温韧性,所以限定其含量1.00-1.60%。

[0011] P:磷是对耐候性能有益的元素,磷含量过低,耐候性能难以保证,但是磷含量过高,会恶化母材和焊接接头的低温韧性,特别是焊接过程中,母材中的磷会过度到焊缝中,形成共晶体,导致焊接接头冲击功降低,故限定其含量0.008-0.015%。

[0012] Cu:铜能够促进钢板表面形成稳定致密的锈层,也能提高钢板的耐候性能,但是铜含量过高会引起钢板加工过程中的热脆性,恶化钢板表面性能,故而限定其含量0.25-

0.45%。

[0013] Cr: 铬元素也能够有效提高钢的耐候性能, 同样也能够产生固溶强化, 但是铬过高会降低钢的韧性和焊接性能, 因此限定其含量0.40-0.60%。

[0014] Ni: 镍也是提高钢的耐候性能的元素之一, 能够促进形成稳定的锈层, 并且还能够提高焊接性能, 但是过多添加镍元素会显著增加成本, 因此, 限定其含量0.30-0.50%。

[0015] Al: 铝在炼钢过程中为脱氧元素, 也能够降低固溶N原子数量, 从而提高韧性和时效应变抗力, 且形成的AlN还能够细化晶粒, 从而进一步降低韧脆转变温度, 但是, 过量添加会形成大尺寸的 Al_2O_3 和AlN并损害韧性, 所以控制Alt为0.02-0.05%。

[0016] Nb: 铌能够提高钢的强度, 同时, 铌还能提高奥氏体再结晶温度, 可以在较高的温度下实现非再结晶区轧制, 但是铌含量升高后对钢的强化作用有限, 所以, 其含量限定为0.01-0.05%。

[0017] 其中, 所述钢板的成分以质量%计还满足 $Cu+Cr+Ni \leq 1.35\%$; Cu、Cr、Ni都是影响钢板耐候性能的关键元素, 一般含量越多, 耐候性能越优异, 但Cu、Cr、Ni同时也是M-A岛组元的形成元素, 在焊接热影响区冷却过程中极易形成M-A岛, 导致韧性恶化。故在保证耐候性能不降低的前提下, $Cu+Cr+Ni \leq 1.35\%$ 。

[0018] 所述钢板的碳当量CEV $\leq 0.46\%$; 再结合钢板的碳含量0.04-0.10%, 使钢板处于易焊接区域, 保证良好的可焊性能, 而碳当量高于0.46%可焊性会恶化。

[0019] 钢板的焊接冷裂纹敏感指数 $P_{cm} \leq 0.21\%$, 从而使焊接时不易出现裂纹, 可免预热, 焊后也可以不用热处理, 当 P_{cm} 高于0.21%时, 焊接易出现裂纹, 焊后需热处理消除应力, 可焊性恶化。

[0020] 钢板的耐候指数 $I \geq 6.5$, 能够保证良好的耐候性能, 可以免于防腐涂装使用。

[0021] 进一步限定, 所述钢板的碳当量CEV为0.36-0.46%, 钢板的焊接冷裂纹敏感指数 P_{cm} 为0.15-0.21%, 钢板的耐候指数I为6.5-7.0。当碳当量低于0.36%时, 钢板的屈服强度和耐候指数较难保证, 同样, 当 P_{cm} 低于0.15%时, 钢板的屈服强度和耐候指数较难保证, 而当I大于7.0时, 需要添加大量的合金元素, 成本不可避免的升高, 同时可焊性也会恶化。

[0022] 本发明同样也提供一种制造上述耐候钢板的方法, 如下:

[0023] 工序包括冶炼、精炼、连铸、加热以及轧制; 其中, 加热工序是将铸坯加热到完全奥氏体化温度; 轧制工序采用奥氏体再结晶区和奥氏体未再结晶区两阶段轧制工艺; 其中, 奥氏体再结晶区轧制为粗轧阶段, 粗轧通过反复奥氏体再结晶细化奥氏体晶粒, 奥氏体未再结晶区轧制为精轧阶段, 精轧后获得硬化的奥氏体组织;

[0024] 精轧阶段的开轧温度850-970℃, 终轧温度780-860℃, 精轧后停留10-30秒, 再经过超快冷技术冷却至450-600℃, 随后空冷至室温; 在轧制变形后将奥氏体停留10-30s, 亦即, 弛豫一段时间再加速冷却, 利用弛豫过程中位错密度降低, 位错结构变化以及析出相体积分数增加的特殊过程, 细化中温转变组织, 另外, 弛豫过程析出对形核有促进作用, 而纳米级的析出颗粒对钢的性能不仅无害, 而且能发挥析出强化效果。

[0025] 有益效果: 本发明所述的耐候钢板, 通过采用合理的合金成分配比, 在P含量较低的情况下, 获得焊接性能优异, 且同时具有超高强、高韧以及高耐候性的钢板, 其力学性能特点是: 屈服强度 $R_{p0.2} \geq 485MPa$, 抗拉强度 $R_m \geq 585MPa$, 延伸率 $A \geq 20\%$, 屈强比 $YR \leq 0.85$, -60℃冲击功 $KV_2 \geq 200J$, 韧脆转变温度低于-80℃。其焊接性能特点是: 板厚60mm以下

的钢板焊前不需预热,焊后不需热处理,可焊性好,焊接效率高,能够很好的满足单轨道岔的运用。所述的耐候钢板的制造方法,采用奥氏体再结晶区和奥氏体未再结晶区两阶段轧制工艺,反复细化奥氏体晶粒组织,提高钢板强度,生产过程中无需淬火和回火,降低了生产成本,缩短了生产周期。

附图说明

[0026] 图1是耐候钢板的显微组织的金相照片。

具体实施方式

[0027] 下面结合实施例对本发明做进一步说明。

[0028] 采用本发明所述的耐候钢板制造方法,经过冶炼、精炼、连铸、加热以及轧制等工序得到本发明所述的耐候钢板;其中,加热工序时将铸坯加热到完全奥氏体化温度;轧制工序采用奥氏体再结晶区和奥氏体未再结晶区两阶段轧制工艺,亦可成为粗轧和精轧两阶段轧制,精轧阶段的开轧温度850~970℃,终轧温度780~860℃,轧制后停留10~30秒,再经过超快冷技术冷却至450~600℃,随后空冷至室温,如图1,金相照片显示所述耐候钢板的显微组织为细致的铁素体+贝氏体+珠光体晶粒组织。

[0029] 其中,碳当量的值与各化学成分之间的计算公式为:

[0030] $CEV(\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ 。

[0031] 焊接冷裂纹敏感指数与各化学成分之间的计算公式为:

[0032] $Pcm(\%) = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Ni/60 + Mo/15 + V/10 + 5B$ 。

[0033] 耐候指数与各化学成分之间的计算公式为:

[0034] $I = 26.01 * Cu + 3.88 * Ni + 1.2 * Cr + 1.49 * Si + 17.28 * P - 7.29 * Cu * Ni - 9.1 * Ni * P - 33.39 * Cu * Cu$ 。

[0035] $Cu * Ni - 9.1 * Ni * P - 33.39 * Cu * Cu$ 。

[0036] 采用上述制造方法制造六组耐候钢板,六组耐候钢板的成分以质量%计,如下:

[0037] S1:C:0.04%,Si:0.35%,Mn:1.20%,P:0.012%,Cu:0.30%,Cr:0.40%,Ni:0.30%,Al:0.02%,Nb:0.035%,CEV:0.36%,Pcm:0.15%,I:6.50,Cu+Cr+Ni=1.0%。

[0038] S2:C:0.06%,Si:0.18%,Mn:1.40%,P:0.015%,Cu:0.25%,Cr:0.60%,Ni:0.45%,Al:0.04%,Nb:0.015%,CEV:0.46%,Pcm:0.19%,I:6.50,Cu+Cr+Ni=1.3%。

[0039] S3:C:0.1%,Si:0.35%,Mn:1.10%,P:0.014%,Cu:0.25%,Cr:0.55%,Ni:0.45%,Al:0.04%,Nb:0.01%,CEV:0.44%,Pcm:0.21%,I:6.70,Cu+Cr+Ni=1.25%。

[0040] S4:C:0.04%,Si:0.35%,Mn:1.00%,P:0.008%,Cu:0.45%,Cr:0.6%,Ni:0.30%,Al:0.02%,Nb:0.01%,CEV:0.38%,Pcm:0.16%,I:6.50,Cu+Cr+Ni=1.3%。

[0041] S5:C:0.08%,Si:0.34%,Mn:1.00%,P:0.015%,Cu:0.30%,Cr:0.55%,Ni:0.5%,Al:0.05%,Nb:0.05%,CEV:0.41%,Pcm:0.19%,I:7.00,Cu+Cr+Ni=1.35%。

[0042] S6:C:0.04%,Si:0.35%,Mn:1.60%,P:0.08%,Cu:0.30%,Cr:0.5%,Ni:0.4%,Al:0.03%,Nb:0.02%,CEV:0.45%,Pcm:0.18%,I:6.70,Cu+Cr+Ni=1.2%。

[0043] 对于上述6组成分的钢板,每组轧制2块厚度不同的样板,并且每种成分均轧制出60mm厚的样板,其制造工艺参数如表1所示:

[0044] 表1各单轨道岔用耐候钢板制造工艺参数

[0045]

钢坯号	钢板厚度 (mm)	加热温度 (℃)	粗轧阶段		精轧阶段		弛豫时间 (秒)	超快冷冷却温 (℃)
			总压下率 (%)	终轧温度 (℃)	初轧温度 (℃)	终轧温度 (℃)		
S1	12	1240	50	1030	970	850	11	520
	60	1250	55	1040	850	830	25	500
S2	18	1180	53	1000	950	820	13	480
	60	1170	56	1020	850	800	28	460
S3	14	1190	55	1020	960	860	10	580
	60	1200	54	1030	910	820	24	600
S4	16	1165	52	1010	950	830	12	470
	60	1190	55	1000	860	780	30	450
S5	18	1230	60	1030	950	840	16	580
	60	1220	55	1040	870	810	22	600
S6	12	1150	52	1040	950	840	16	530
	60	1160	54	1050	900	830	19	550

[0046] 对6组钢板进行力学性能实验,实验结果如表2所示:

[0047] 表2各单轨道岔用耐候钢板的力学性能

[0048]

钢坯号	钢板厚度 (mm)	常温拉伸				-60°C冲击功 KV2(J)			韧脆转变温度 FATT(°C)	Z向断面收缩率(%)	冷弯性能 180°, b=2a, D=2a
		ReL (MPa)	Rm (MPa)	A(%)	屈强比 YR	1	2	3			
S1	12	508	620	27	0.82	303	312	358	-90	64,60,59	完好
	60	516	637	26	0.81	298	304	314	-86	62,58,60	完好
S2	18	524	632	27.5	0.83	304	311	287	-90	70,65,66	完好
	60	510	655	24	0.78	317	300	315	-93	71,68,64	完好
S3	14	543	646	26	0.84	292	310	304	-95	62,64,68	完好
	60	528	642	25	0.82	306	321	324	-98	61,59,64	完好
S4	16	518	629	26	0.82	305	317	355	-91	66,62,59	完好

[0049]

S5	60	524	639	27	0.82	302	332	324	-88	62,59,61	完好
	18	533	633	25	0.84	315	329	307	-92	69,63,65	完好
	60	522	642	24	0.81	317	309	326	-95	69,66,65	完好
S6	16	545	651	27	0.84	298	315	322	-96	71,66,68	完好
	60	541	638	25	0.85	321	317	323	-93	70,64,66	完好

[0050] 对60mm厚的6块样板进行焊接性能实验,结果如表3所示:

[0051] 表3各单轨道岔用耐候钢板的焊接性能

[0052]

钢 坯 号	钢板厚 度(mm)	预热 温度 (°C)	焊后热 处理温 度(°C)	焊接接头常 温拉伸 Rm(MPa)	焊接热影响区 -60°C冲击功 KV2(J)			冷弯性能 180°, b=4a,D=2a
					1	2	3	
S1	60	20	20	630	201	179	236	完好
S2	60	20	20	644	198	213	165	完好
S3	60	20	20	639	177	205	213	完好
S4	60	20	20	636	201	206	215	完好
S5	60	20	20	629	206	192	189	完好
S6	60	20	20	628	205	205	214	完好

[0053] 以上实验数据充分证明了本发明所述耐候钢板具备良好的耐候性能和焊接性能。