



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110629114 A

(43)申请公布日 2019.12.31

(21)申请号 201910986963.6 *C22C 38/12*(2006.01)

(22)申请日 2019.10.17 *C22C 38/14*(2006.01)

(71)申请人 山东钢铁集团日照有限公司 *B23P 15/00*(2006.01)

地址 276800 山东省日照市岚山区疏港大道 *C22C 33/04*(2006.01)

(72)发明人 李灿明 周兰聚 韩启彪 胡淑娥
成小龙 杨建勋 刘熙章 孔雅
王兴 王润港 房振业

(74)专利代理机构 济南舜科知识产权代理事务
所(普通合伙) 37274

代理人 杜忠福

(51)Int.Cl.

C22C 38/02(2006.01)

C22C 38/04(2006.01)

C22C 38/06(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种低成本高强高韧桥梁钢及其制备方法

(57)摘要

本发明提供一种低成本高强高韧桥梁钢及其制备方法,主要用于桥梁结构件制造领域。钢的化学成分重量百分比为:C:0.10%~0.13%, Si:0.10%~0.30%, Mn:1.30%~1.60%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.005\%$, Al:0.015%~0.045%, $Nb: \leq 0.035\%$, $V: \leq 0.04\%$, $Ti: 0.010\% \sim 0.025\%$,其余为Fe和不可避免的杂质。其生产工艺流程为:铁水预处理→BOF炼钢→LF精炼→RH真空处理→连铸→缓冷→铸坯检验、清理、判定→加热→除鳞→轧制→水冷→探伤→喷印标识→切割取样→入库。生产成本低,具有优良的低温冲击韧性,钢板焊接性能优良,可简化焊接工艺。

1. 低成本高强高韧桥梁钢, 其特征在于, 其成分及重量百分比含量为: C: 0.10%~0.13%, Si: 0.10%~0.35%, Mn: 1.30%~1.60%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.005\%$, Al: 0.015%~0.045%, Nb: 0.010%~0.035%, $V \leq 0.04\%$, Ti: 0.010%~0.025%, 其余为Fe和不可避免的杂质。

2. 如权利要求1所述的低成本高强高韧桥梁钢, 其特征在于, 所述桥梁钢屈服强度 $> 500\text{MPa}$, 抗拉强度 $> 630\text{MPa}$, 断后伸长率 $> 20\%$, $-40^\circ\text{C K}_2 > 200\text{J}$, 屈强比 ≤ 0.85 。

3. 如权利要求1或2所述的低成本高强高韧桥梁钢, 其特征在于, 所述桥梁钢厚度为14mm~60mm, 当 $14\text{mm} \leq \text{厚度} \leq 30\text{mm}$, 不添加V; 当 $30 < \text{厚度} \leq 60\text{mm}$, $V: 0.015\% \sim 0.040\%$ 。

4. 一种低成本高强高韧桥梁钢的制备方法, 其特征在于, 步骤如下: 铁水预处理 $\rightarrow$ BOF炼钢 $\rightarrow$ LF精炼 $\rightarrow$ RH真空处理 $\rightarrow$ 连铸 $\rightarrow$ 缓冷 $\rightarrow$ 铸坯检验、清理、判定 $\rightarrow$ 加热 $\rightarrow$ 除鳞 $\rightarrow$ 轧制 $\rightarrow$ 水冷 $\rightarrow$ 探伤 $\rightarrow$ 喷印标识 $\rightarrow$ 切割取样 $\rightarrow$ 入库。

5. 如权利要求4所述的低成本高强高韧桥梁钢的制备方法, 其特征在于, 所述BOF炼钢采用转炉冶炼, 顶底复吹, 充分脱碳、脱磷; 通过LF/RH精炼, 降低有害元素、杂质含量, 进行微合金化; 全程保护浇铸, 铸坯化学成分重量百分比符合: C: 0.10%~0.13%, Si: 0.10%~0.35%, Mn: 1.30%~1.60%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.005\%$, Al: 0.015%~0.045%, Nb: 0.010%~0.035%, $V: \leq 0.04\%$, Ti: 0.010%~0.025%, 其余为Fe和不可避免的杂质。

6. 如权利要求4所述的低成本高强高韧桥梁钢的制备方法, 其特征在于, 所述加热工序采用三段加热工艺, 第一段: 预热段温度设定 $700 \sim 850^\circ\text{C}$; 第二段: 分为加热2-1段和加热2-2段, 加热2-1段温度设定 $1050 \sim 1200^\circ\text{C}$, 加热2-2段温度设定 $1180 \sim 1230^\circ\text{C}$; 第三段: 均热段炉气温度设定为 $1150 \sim 1200^\circ\text{C}$; 出钢铸坯温度为 $1150 \sim 1180^\circ\text{C}$ 。

7. 如权利要求4所述的低成本高强高韧桥梁钢的制备方法, 其特征在于, 所述轧制工序包括粗轧和精轧, 粗轧连续两个道次压下率 $\geq 16\%$, 精轧终轧温度 $770 \sim 830^\circ\text{C}$, 终冷温度 $530 \sim 580^\circ\text{C}$, 冷却速度 $6 \sim 15^\circ\text{C}/\text{s}$ 。

8. 如权利要求4所述的低成本高强高韧桥梁钢的制备方法, 其特征在于, 所述轧制工序后钢板厚度 $\geq 30\text{mm}$, 冷后堆冷, 堆冷时间不少于36h。

一种低成本高强高韧桥梁钢及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,具体涉及一种低成本高强高韧桥梁钢及其制备方法,主要应用于钢箱梁及大跨度桥梁钢结构制造领域。

背景技术

[0002] 随着大型钢结构桥梁向全焊接结构和高参数方向发展,对桥梁结构的安全可靠性要求越来越严格。这不仅对设计者提出了更高的要求,而且要求钢板质量要有更高的水准,即不仅具有高强度以满足结构轻量化要求,而且还应具有高强度、优良的低温韧性和焊接性,以满足钢结构的安全可靠、长寿等要求。

[0003] 公开号CN108330399A的发明专利公开了一种低合金高性能桥梁及其生产方法,其成品钢板厚度为12~60mm,C含量低0.04%~0.09%,当厚度为35<厚度≤60mm时,Mo:0.10%~0.20%,添加了昂贵的微合金元素。

[0004] 公开号CN106811704A的发明专利公开了屈服强度500MPa级低屈强比桥梁钢及其制造方法,其中C:0.05%~0.10%,并添加了Cr、Ni、Cu、Mo元素,生产成本较高。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于提供一种可焊接性好、具有优良的低温冲击韧性、生产工艺简单的低成本高强高韧桥梁钢及其制备方法。

[0006] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是:低成本高强高韧桥梁钢,其成分及重量百分比含量为:C:0.10%~0.13%,Si:0.10%~0.35%,Mn:1.30%~1.60%,P≤0.015%,S≤0.005%,Al:0.015%~0.045%,Nb:0.010%~0.035%,V≤0.04%,Ti:0.010%~0.025%,其余为Fe和不可避免的杂质。

[0007] 具体的,所述桥梁钢屈服强度>500MPa,抗拉强度>630MPa,断后伸长率>20%, $-40^{\circ}\text{C K}_{\text{V}2}>200\text{J}$,屈强比≤0.85。产品组织细小均匀,主要为针状/多边形铁素体+粒状贝氏体+极少量珠光体。

[0008] 具体的,所述桥梁钢厚度为14mm~60mm,当14mm≤厚度≤30mm,不添加V;当30<厚度≤60mm,V:0.015%~0.040%。

[0009] 化学成分是影响产品综合性能的重要因素之一,对本发明的化学成分进行了限制,说明如下。

[0010] C:碳是影响钢材性能的主要因素之一,通过固溶强化提升强度;碳含量增加,能显著降低奥氏体临界冷却速度,增强钢的淬透性,但也显著降低钢的塑性、低温韧性和焊接性能;为保障钢板低温韧性,具有良好的焊接性能,同时防止综合性能变差,本发明碳含量控制在0.10~0.13%。

[0011] Si:硅是炼钢过程有效的脱氧和放热元素之一,有一定的固溶强化作用,但硅含量过高会降低钢的表面质量、焊接性能和低温韧性,本发明硅含量控制在0.10%~0.40%。

[0012] Mn:锰可以细化晶粒,有效提高钢材强度和低温韧性,过高容易造成铸坯偏析,形

成轧后带状组织,降低抗层状撕裂性能,本发明锰含量控制在1.20%~1.80%。

[0013] P:磷是一种易偏析元素,增加钢的冷脆性,恶化焊接性能,应严格控制钢中的磷含量。

[0014] S:硫使钢产生热脆性,降低钢的延展性和韧性,应严格控制钢中的硫含量。

[0015] Al:铝是炼钢过程有效的脱氧元素之一,可有效减少钢中夹杂物含量,细化晶粒,但含量过高,容易使铸坯表面产生裂纹,本发明铝含量控制在0.01%~0.05%。

[0016] Nb:铌是细晶强化的重要元素之一。1.提高奥氏体再结晶温度,阻止奥氏体再结晶和抑制晶粒长大,细化奥氏体晶粒;2.铌的碳氮化物在位错上析出和奥氏体晶界偏聚,提高强度和韧性。但铌含量过高,铸坯容易产生表面裂纹,同时恶化焊接性能,本发明铌含量控制在0.015%~0.035%。

[0017] V:钒的碳氮化物在奥氏体晶界的铁素体中沉淀析出,在变形过程中抑制奥氏体再结晶,阻碍晶粒长大,起到细化铁素体晶粒,提高钢的强度和韧性,本发明专利钒含量控制在 $\leq 0.040\%$ 。

[0018] Ti:产生强烈的沉淀强化及中等程度的晶粒细化作用,改善钢的冷成形性能和焊接性能,本发明钛含量控制在0.010%~0.025%。

[0019] 上述低成本高强高韧桥梁钢的制备方法,工艺流程如下:铁水预处理→BOF炼钢→LF精炼→RH真空处理→连铸→缓冷→铸坯检验、清理、判定→加热→除鳞→轧制→水冷→探伤→喷印标识→切割取样→入库。

[0020] 具体的,所述BOF炼钢采用转炉冶炼,顶底复吹,充分脱碳、脱磷;通过LF/RH精炼,降低有害元素、杂质含量,进行微合金化;全程保护浇铸,铸坯化学成分重量百分比符合:C:0.10%~0.13%,Si:0.10%~0.35%,Mn:1.30%~1.60%, $P \leq 0.015\%$, $S \leq 0.005\%$,Al:0.015%~0.045%,Nb:0.010%~0.035%, $V \leq 0.04\%$,Ti:0.010%~0.025%,其余为Fe和不可避免的杂质。

[0021] 具体的,所述加热工序采用三段加热工艺,第一段:预热段温度设定700~850℃;第二段:分为加热2-1段和加热2-2段,加热2-1段温度设定1050~1200℃,加热2-2段温度设定1180~1230℃;第三段:均热段炉气温度设定为1150~1200℃;出钢铸坯温度为1150~1180℃。

[0022] 具体的,所述轧制工序包括粗轧和精轧,粗轧连续两个道次压下率 $\geq 16\%$,精轧终轧温度770~830℃,终冷温度530~580℃,冷却速度6~15℃/S。

[0023] 具体的,所述轧制工序后钢板厚度 $\geq 30\text{mm}$,冷后堆冷,堆冷时间不少于36h。

[0024] 本发明具有以下有益效果:本发明的桥梁钢屈服强度 $> 500\text{MPa}$,抗拉强度 $> 630\text{MPa}$,断后伸长率 $> 20\%$, $-40^\circ\text{C K}_{\text{V}2} > 200\text{J}$,屈强比 ≤ 0.85 ,最大厚度60mm,微合金添加元素少,且添加量小,不需要进行热处理,生产工艺简单,减化了生产工序,生产成本低,且强韧性、塑性好,具有优良的低温冲击韧性,钢板焊接性能优良,可简化焊接工艺。

具体实施方式

[0025] 以下是本发明的具体实施例,对本发明的技术方案做进一步描述,但是本发明的保护范围并不限于这些实施例。凡是不背离本发明构思的改变或等同替代均包括在本发明的保护范围之内。

[0026] 实施例1

[0027] 厚度60mm的高强高韧桥梁钢的化学成分如下:C:0.12%,Si:0.25%,Mn:1.55%,P:0.010%,S:0.002%,Al:0.030%,Nb:0.030%,V:0.040%,Ti:0.018%,其余为Fe和不可避免的杂质。制备工艺流程如下:铁水预处理→BOF炼钢→LF精炼→RH真空处理→连铸→缓冷→铸坯检验、清理、判定→加热→除鳞→轧制→水冷→探伤→喷印标识→切割取样→入库。

[0028] 铸坯缓冷至300℃以下,铸坯厚度300mm,经蓄热式加热炉至1170℃出钢。

[0029] 加热工序采用三段加热工艺,第一段:预热段温度设定800℃;第二段:分为加热2-1段和加热2-2段,加热2-1段温度设定1050℃,加热2-2段温度设定1200℃;第三段:均热段炉气温度设定为1150℃;出钢铸坯温度为1170℃。

[0030] 轧制工序包括粗轧和精轧,粗轧连续三道次压下率大于16%,中间坯厚度145mm,精轧终轧温度800℃,钢板轧后水冷,冷却速率6℃/s,终冷温度530℃,钢板下线堆冷36h。综合性能如表1~2所示。

[0031] 实施例2

[0032] 厚度14mm的高强高韧桥梁钢化学成分如下:C:0.10%,Si:0.10%,Mn:1.60%,P:0.013%,S:0.003%,Al:0.045%,Nb:0.010%,Ti:0.025%,其余为Fe和不可避免的杂质。制备工艺流程如下:铁水预处理→BOF炼钢→LF精炼→RH真空处理→连铸→缓冷→铸坯检验、清理、判定→加热→除鳞→轧制→水冷→探伤→喷印标识→切割取样→入库。

[0033] 铸坯缓冷至300℃以下,铸坯厚度200mm,经蓄热式加热炉至1150℃出钢。

[0034] 加热工序采用三段加热工艺,第一段:预热段温度设定700℃;第二段:分为加热2-1段和加热2-2段,加热2-1段温度设定1200℃,加热2-2段温度设定1230℃;第三段:均热段炉气温度设定为1200℃;出钢铸坯温度为1150℃。

[0035] 轧制工序包括粗轧和精轧,粗轧连续三道次压下率大于17%,中间坯厚度56mm,精轧终轧温度830℃,钢板轧后水冷,冷却速率15℃/s,终冷温度580℃。综合性能如表1~2所示。

[0036] 实施例3

[0037] 40mm高强高韧桥梁钢的化学成分如下:C:0.13%,Si:0.35%,Mn:1.30%,P:0.015%,S:0.005%,Al:0.015%,Nb:0.035%,V:0.015%,Ti:0.010%,其余为Fe和不可避免的杂质。制备工艺流程如下:铁水预处理→BOF炼钢→LF精炼→RH真空处理→连铸→缓冷→铸坯检验、清理、判定→加热→除鳞→轧制→水冷→探伤→喷印标识→切割取样→入库。

[0038] 铸坯缓冷至300℃以下,铸坯厚度300mm,经蓄热式加热炉至1180℃出钢。

[0039] 加热工序采用三段加热工艺,第一段:预热段温度设定850℃;第二段:分为加热2-1段和加热2-2段,加热2-1段温度设定1150℃,加热2-2段温度设定1180℃;第三段:均热段炉气温度设定为1180℃;出钢铸坯温度为1180℃。

[0040] 轧制工序包括粗轧和精轧,粗轧连续两个道次压下率大于17%,中间坯厚度120mm,精轧终轧温度770℃,钢板轧后水冷,冷却速率9℃/s,终冷温度550℃,钢板下线堆冷36h。综合性能如表1~2所示。

[0041] 表1本发明实施例钢板的拉伸性能

[0042]

实施例	厚度/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	屈强比
-----	-------	----------	----------	---------	-----

实施例1	60	521	665	21	0.81
实施例2	14	563	697	22	0.82
实施例3	40	543	677	21	0.80

[0043] 表2本发明实施例钢板的低温韧性

实施例	厚度/mm	冲击性能				
		方向	温 度 /°C	AKV/J		
实施例 1	60	纵向	-40	256	260	262
实施例 2	14	纵向	-40	330	332	326

[0045]

实施例 3	40	纵向	-40	272	280	288
-------	----	----	-----	-----	-----	-----