



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103352167 B

(45) 授权公告日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201310295467. 9

段.

(22) 申请日 2013. 07. 15

JP 特开 2010-202949 A, 2010. 09. 16, 权利要求 1.

(73) 专利权人 南京钢铁股份有限公司

审查员 张艳艳

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸

(72) 发明人 李恒坤 崔强 车马俊 邓伟

刘朝霞 邱永清

(74) 专利代理机构 南京苏科专利代理有限责任公司 32102

代理人 姚姣阳

(51) Int. Cl.

G22C 38/16(2006. 01)

G22C 33/04(2006. 01)

G21D 8/02(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 103031498 A, 2013. 04. 10, 说明书第 18

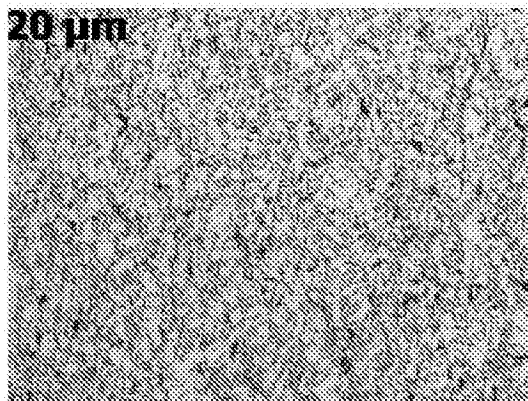
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种低屈强比高强度桥梁用钢及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低屈强比高强度桥梁用钢及其制造方法,该钢的化学成分按重量百分比为,C:0.06~0.10%,Si:0.20~0.45%,Mn:1.20~1.50%,P:≤0.010%,S:≤0.0020%,Ni:0.30~0.60%,Cu:0.20~0.50%,Mo:0.15~0.50%,Nb:0.025~0.060%,Ti:≤0.035%,Al:0.020~0.040%,其余为Fe及不可避免的杂质。本发明通过冶炼及精炼,合理的控轧控冷工艺及优化回火热处理生产,使钢板的抗拉强度为700~780MPa,屈服强度为530~600MPa,延伸率为≥18%,屈强比≤0.80,-40℃低温纵向冲击≥100J,具有良好的强韧性匹配及低的屈强比,具有优异的抗震性能,生产工艺稳定,可操作性强。



1. 一种低屈强比高强度桥梁用钢,其特征在於:按重量百分比为,C:0.06~0.10%,Si:0.20~0.45%,Mn:1.20~1.50%,P: $\leq$ 0.010%,S: $\leq$ 0.0020%,Ni:0.30~0.60%,Cu:0.20~0.50%,Mo:0.15~0.50%,Nb:0.025~0.060%,Ti: $\leq$ 0.035%,Al:0.020~0.040%,其余为Fe及不可避免的杂质;所述低屈强比高强度桥梁用钢的制造方法,包括依次经冶炼连铸工艺、轧制工艺和热处理工艺,所述冶炼连铸工艺依次经过铁水脱硫预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH真空处理和连铸;所述连铸工艺中铁水脱硫处理后硫含量控制在 $S \leq 0.002\%$ ,转炉采用双渣法严格控制P的含量 $P \leq 0.010\%$ ,LF精炼采用白渣操作脱硫脱氧,RH真空处理严格控制气体含量 $H \leq 0.0001\%$ ;连铸控制中包温度在液相线+10~15 $^{\circ}\text{C}$ ;所述轧制工艺采用控轧控冷技术,连铸坯加热温度为1180 $^{\circ}\text{C}$ ~1200 $^{\circ}\text{C}$ ,奥氏体再结晶区和未再结晶区两阶段轧制;粗轧道次大压下量破碎奥氏体晶粒,粗轧终轧温度控制在1050~1120 $^{\circ}\text{C}$ ;精轧开轧温度为850~890 $^{\circ}\text{C}$ ;轧后控制冷却,返红温度为580~650 $^{\circ}\text{C}$ ,随后空冷;所述热处理工艺中将钢板加热到480~630 $^{\circ}\text{C}$ 之间,进行回火热处理,回火时间控制在(2.0~3.0)min/mm $\times$ 板厚+30min。

2. 如权利要求1所述的低屈强比高强度桥梁用钢,其特征在於:按重量百分比包括以下成分:C:0.080%,Si:0.28%,Mn:1.42%,P:0.0087%,S:0.0014%,Ni:0.31%,Cu:0.22%,Mo:0.25%,Nb:0.033%,Ti:0.015%,Al:0.0032%,其余为Fe及不可避免的杂质。

3. 如权利要求1或2所述的低屈强比高强度桥梁用钢,其特征在於:所述杂质元素按重量百分比控制为:O: $\leq$ 0.0015%,N: $\leq$ 0.0080%,H: $\leq$ 0.0001%,As: $\leq$ 0.012%,Pb: $\leq$ 0.010%,Sn: $\leq$ 0.010%,Sb: $\leq$ 0.010%。

4. 如权利要求1-3中任一权利要求所述的低屈强比高强度桥梁用钢,其特征在於:抗拉强度为700~780MPa,屈服强度为530~600MPa,延伸率为 $\geq 18\%$ ,屈强比 $\leq 0.80$ ,-40 $^{\circ}\text{C}$ 低温纵向冲击 $\geq 100\text{J}$ 。

5. 权利要求1或2所述低屈强比高强度桥梁用钢的制造方法,包括依次经冶炼连铸工艺、轧制工艺和热处理工艺,所述冶炼连铸工艺依次经过铁水脱硫预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH真空处理和连铸;其特征在於:

所述连铸工艺中铁水脱硫处理后硫含量控制在 $S \leq 0.002\%$ ,转炉采用双渣法严格控制P的含量 $P \leq 0.010\%$ ,LF精炼采用白渣操作脱硫脱氧,RH真空处理严格控制气体含量 $H \leq 0.0001\%$ ;连铸控制中包温度在液相线+10~15 $^{\circ}\text{C}$ ;

所述轧制工艺采用控轧控冷技术,连铸坯加热温度为1180 $^{\circ}\text{C}$ ~1200 $^{\circ}\text{C}$ ,奥氏体再结晶区和未再结晶区两阶段轧制;粗轧道次大压下量破碎奥氏体晶粒,粗轧终轧温度控制在1050~1120 $^{\circ}\text{C}$ ;精轧开轧温度为850~890 $^{\circ}\text{C}$ ;轧后控制冷却,返红温度为580~650 $^{\circ}\text{C}$ ,随后空冷;

所述热处理工艺中将钢板加热到480~630 $^{\circ}\text{C}$ 之间,进行回火热处理,回火时间控制在(2.0~3.0)min/mm $\times$ 板厚+30min。

## 一种低屈强比高强度桥梁用钢及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种高性能结构用钢材及其制造方法,具体的说是一种低屈强比高强度桥梁用钢及其制造方法。

### 背景技术

[0002] 我国桥梁建设正在向高速、重载、大跨度、全焊节点、免涂装、安全性高的方向发展。目前使用的桥梁钢屈服强度范围一般为 245 ~ 420MPa ;为适应桥梁技术进步的要求,集高强度、高韧性、抗震等多项性能为一体的高性能结构钢,是未来沪通、琼州海峡和渤海湾等一批待建大跨重载铁路桥梁关键构件的首选材料,需求明确。

[0003] 国外已开发和使用了高性能桥梁钢品种。美国采用高性能桥梁钢,已建成了多座高性能钢桥。该钢一般采用调质态交货,但冲击韧性要求偏低,成本高。日本采用高性能桥梁钢,该钢一般采用 TMCP+ 回火交货,屈强比要求低。国内部分钢企正在开发高性能桥梁钢品种,但目前试制产品在屈强比、低温韧性等方面水平尚有不足。

[0004] 为满足大型钢结构桥梁向高速、重载、大跨度、全焊节点、免涂装、安全性高方向的发展,对桥梁钢的综合性能和安全可靠提出更高要求,本发明公开一种低屈强比高强度桥梁用钢的制造方法。

[0005] 现有关于桥梁工程用钢制造方法的专利,主要是通过控轧控冷和热处理方法获得桥梁工程用钢板,经检索发现中国专利 CN102021495,公开了 420MPa 高韧性耐候桥梁钢及其热轧板卷的制备方法,其工艺流程为转炉冶炼→LF 炉精炼→RH 真空处理→浇铸,碳成分设计为 0.015 ~ 0.045%,生产高韧性桥梁工程用钢,由于成分设计为低碳,该钢种强度偏低,屈强比偏高,已不能满足高性能桥梁工程用钢的需求。

### 发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是,针对现有桥梁工程用钢存在的缺陷,提出了一种低屈强比高强度桥梁用钢及其制造方法,该方法通过合理的成分设计、控轧控冷工艺及合理的热处理工艺,获得性能优异的低屈强比高强度桥梁用钢板。

[0007] 本发明解决以上技术问题的技术方案是:提供一种低屈强比高强度桥梁用钢,按重量百分比为,C:0.06 ~ 0.10%,Si:0.20 ~ 0.45%,Mn:1.20 ~ 1.50%,P:≤0.010%,S:≤0.0020%,Ni:0.30 ~ 0.60%,Cu:0.20 ~ 0.50%,Mo:0.15 ~ 0.50%,Nb:0.025 ~ 0.060%,Ti:≤0.035%,Al:0.020 ~ 0.040%,其余为 Fe 及不可避免的杂质。

[0008] 化学成分是影响连铸坯内部质量与高强钢板性能的关键因素之一,本发明为了使所述钢获得优异的综合性能,对所述钢的化学成分进行了限制,原因在于:

[0009] C:碳是影响高强度钢力学性能的主要元素之一,通过间隙固溶提高钢的强度,当碳含量小于 0.04 时强度低;含量过高时,韧性和可焊性将变差,本发明碳含量控制在 0.06 ~ 0.10%。

[0010] Si:硅是炼钢必要的脱氧元素,具有一定的固溶强化作用;硅含量过高,不利于钢

板表面质量及低温韧性,本发明硅含量控制在 0.20 ~ 0.45%。

[0011] Mn: 锰具有细化组织、提高强度及低温韧性的作用,而且成本低廉。锰含量过高时,易造成连铸坯偏析。本发明锰含量控制在 1.20 ~ 1.50%。

[0012] Ni: 镍能提高钢的强度、韧性及耐腐蚀性能,抑制碳从奥氏体中脱溶,降低晶界碳化物析出倾向,显著减少晶间碳化物数量。但随着镍含量增多,生产成本会显著增加,本发明镍含量控制在 0.30 ~ 0.60%。

[0013] Cu: 铜能够抑制多边形铁素体和珠光体的形成,促进低温组织贝氏体或马氏体的转变。铜含量过高影响钢的韧性,并引起回火脆性,本发明中铜含量控制在 0.20 ~ 0.50%。

[0014] Mo: 钼的合金成本高,大量添加时会增加成本,并降低韧性和可焊性。本发明钼含量控制在 0.15 ~ 0.50%。

[0015] Nb: 微量铌对奥氏体晶界具有钉扎作用,抑制形变奥氏体的再结晶,并在冷却或回火时形成析出物,提高强度和韧性。铌添加量小于 0.030% 时效果不明显,大于 0.055% 时韧性降低,并引起连铸坯表面裂纹产生,此外对焊接性能也有恶化作用。本发明铌含量控制在 0.025 ~ 0.060%。

[0016] Ti: 钛能固定钢中的气体氮,形成氮化钛,阻止在加热、轧制、焊接过程中的晶粒长大,改善母材和焊接热影响区的韧性。本发明钛成分控制在  $\leq 0.035\%$ 。

[0017] Al: 铝是一种重要的脱氧元素,钢水中加入微量的铝,可以有效减少钢中的夹杂物含量,并细化晶粒。但过多的铝,会促进连铸坯产生表面裂纹降低板坯质量,全铝含量应控制在 0.020 ~ 0.040%。

[0018] 钢中杂质元素如 S、P 等,会严重损害所述钢和焊接近焊缝区的低温韧性,增加连铸坯偏析程度,因此硫、磷含量应控制在  $S \leq 0.0020\%$  和  $P \leq 0.010\%$  以下。

[0019] 本发明进一步限定的技术方案是: 前述的低屈强比高强度桥梁用钢,按重量百分比包括以下成分: C: 0.080%, Si: 0.28%, Mn: 1.42%, P: 0.0087%, S: 0.0014%, Ni: 0.31%, Cu: 0.22%, Mo: 0.25%, Nb: 0.033%, Ti: 0.015%, Al: 0.0032%, 其余为 Fe 及不可避免的杂质。

[0020] 前述的低屈强比高强度桥梁用钢,所述杂质元素按重量百分比控制为: O:  $\leq 0.0015\%$ , N:  $\leq 0.0080\%$ , H:  $\leq 0.0001\%$ , As:  $\leq 0.012\%$ , Pb:  $\leq 0.010\%$ , Sn:  $\leq 0.010\%$ , Sb:  $\leq 0.010\%$ 。

[0021] 前述的低屈强比高强度桥梁用钢,此钢材的抗拉强度为 700 ~ 780MPa,屈服强度为 530 ~ 600MPa,延伸率为  $\geq 18\%$ ,屈强比  $\leq 0.80$ , $-40^{\circ}\text{C}$  低温纵向冲击  $\geq 100\text{J}$ 。

[0022] 一种低屈强比高强度桥梁用钢的制造方法,包括依次经冶炼连铸工艺、轧制工艺和热处理工艺,所述冶炼连铸工艺依次经过铁水脱硫预处理、转炉冶炼、LF 精炼、RH 真空处理和连铸;其特征是:在所述连铸工艺中铁水脱硫处理后硫含量控制在  $S \leq 0.002\%$ ,转炉采用双渣法严格控制 P 的含量  $P \leq 0.010\%$ ,LF 精炼采用白渣操作脱硫脱氧,RH 真空处理严格控制气体含量  $H \leq 0.0001\%$ ;连铸控制中包温度在液相线  $+10 \sim 15^{\circ}\text{C}$ ;所述轧制工艺采用控轧控冷技术,连铸坯加热温度为  $1180^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ ,奥氏体再结晶区和未再结晶区两阶段轧制,这两个阶段的区别在于奥氏体再结晶区轧制细化奥氏体晶粒组织,在此基础上进行未再结晶区轧制使得组织扁平化,即后续的粗轧及精轧两个阶段;粗轧道次大压下量破碎奥氏体晶粒,粗轧终轧温度控制在  $1050 \sim 1120^{\circ}\text{C}$ ;精轧开轧温度为  $850 \sim 890^{\circ}\text{C}$ ;轧后控制冷却,返红温度为  $580 \sim 650^{\circ}\text{C}$ ,随后空冷;所述热处理工艺中将钢板加热到  $480 \sim 630^{\circ}\text{C}$  之

间,进行回火热处理,回火时间控制在(2.0~3.0)min/mm×板厚+30min。

[0023] 本发明通过优化成分设计,转炉冶炼,LF及RH精炼,对控轧控冷工艺的合理设定及优化,进行回火热处理。本发明钢板性能良好,抗拉强度为750~800MPa,屈服强度为530~600MPa,延伸率为 $\geq 18\%$ ,屈强比 $\leq 0.80$ , $-40^{\circ}\text{C}$ 低温纵向冲击 $\geq 100\text{J}$ ,具有良好的强韧性匹配及低的屈强比,生产工艺稳定。

[0024] 本发明的有益效果是:

[0025] 1、本发明采用转炉冶炼、连铸生产桥梁工程用钢,适应众多国内外钢企生产。本发明采用TMCP+T工艺生产高性能桥梁用钢,生产周期短、节奏快,降低了生产成本,提高了生产效率。

[0026] 2、本发明通过合理的成分设计,采用低碳、低磷硫冶炼工艺,与其他微量合金元素配合,有效地增强了低合金钢的强韧性能。采用控轧控冷技术,及合理的回火热处理,保证钢板组织及性能均匀,获得低屈强比高强度桥梁工程用钢。

### 附图说明

[0027] 图1为实施例3中32mm低屈强比高强度桥梁用钢热轧态试样厚度1/4处组织形貌,组织为B+F+P。

[0028] 图2为实施例3中32mm低屈强比高强度桥梁用钢回火态试样厚度1/4处组织形貌,组织为粒状B+F+少量P。

### 具体实施方式

[0029] 实施例1-3的提供的一种低屈强比高强度桥梁用钢主要化学成分(wt%)如表1所示;表1本发明实施例的主要化学成分(wt%)

[0030]

实施例	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cu	Mo	Nb	Ti	Alt
实施例 1、2、3	0.080	0.28	1.42	0.0087	0.0014	0.31	0.22	0.25	0.033	0.015	0.0032

[0031] 采用奥氏体再结晶区和奥氏体未再结晶区两阶段控制轧制技术,粗轧采用道次大压下量破碎奥氏体晶粒,依次进行粗轧、精轧控、轧后控制冷却、返红、最后空冷;实施例1-3的粗轧终轧温度,精轧控制开轧温度和返红温度如表2所示;

[0032] 表2轧制冷却工艺参数表

[0033]

实施例	厚度 mm	粗轧终轧温度 $^{\circ}\text{C}$	精轧开轧温度 $^{\circ}\text{C}$	终轧温度 $^{\circ}\text{C}$	返红温度 $^{\circ}\text{C}$
实施例 1	20	1057	860	842	641
实施例 2	20	1064	856	840	638
实施例 3	32	1068	867	845	626

[0034] 最后再对钢板进行回火热处理,热处理工艺参数如表 3 所示;

[0035] 表 3 热处理工艺参数表

[0036]

实施例	厚度/mm	回火	
		回火温度/°C	回火时间/min
实施例 1	20	560	78
实施例 2	20	560	77
实施例 3	32	550	94

[0037] 实施例热轧态组织为 B+F+P,回火热处理后组织以贝氏体+铁素体为主。图 1 为实施例 3 的 32mm 厚低屈强比高强度桥梁用钢板热轧态试样厚度 1/4 处金相照片,为 B+F+P 组织。图 2 为实施例 3 的 32mm 低屈强比高强度桥梁用钢回火态试样厚度 1/4 处金相照片,组织为粒状 B+F+少量 P。

[0038] 按照本发明回火态钢板拉伸性能如表 4 所示,低温韧性如表 5 所示。本发明实施例的钢板性能结果良好,抗拉强度为 700 ~ 780MPa,屈服强度为 530 ~ 600MPa,延伸率为  $\geq 18\%$ ,屈强比  $\leq 0.80$ , $-40^{\circ}\text{C}$  低温纵向冲击  $\geq 100\text{J}$ ,具有良好的强韧性匹配及低的屈强比,抗震性能优异,生产工艺稳定,可操作性强。

[0039] 表 4 本发明实施例回火态钢板拉伸性能

[0040]

实施例	厚度 /mm	屈服强度 MPa	抗拉强度 MPa	延伸率 %	屈强比 %
实施例 1	20	553	717	19.9	77.1
实施例 2	20	546	731	20.2	74.7
实施例 3	32	540	707	19.6	76.4

[0041] 表 5 本发明实施例回火态钢板低温韧性

实施例	板厚/mm	冲击性能				
		方向	温度/°C	AKV/J		
[0042] 实施例 1	20	纵向	-40	123	135	174
实施例 2	20	纵向	-40	118	160	138
实施例 3	32	纵向	-40	178	133	145

[0043] 除上述实施例外,本发明还可以有其他实施方式。凡采用等同替换或等效变换形成的技术方案,均落在本发明要求的保护范围。

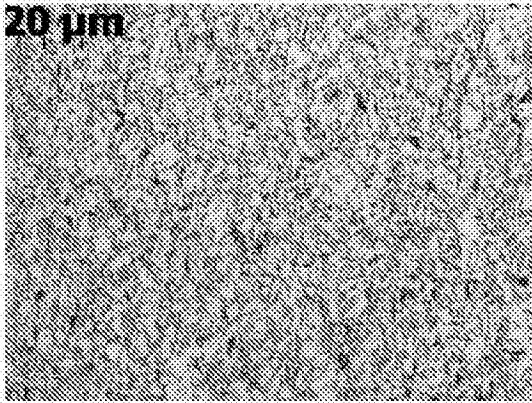


图 1

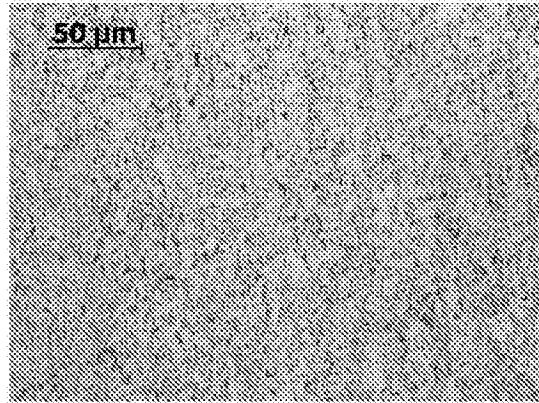


图 2