



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 109338215 B

(45) 授权公告日 2020.10.30

(21) 申请号 201811194948.X

C22C 38/58 (2006.01)

(22) 申请日 2018.10.15

C22C 38/48 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C21D 8/02 (2006.01)

申请公布号 CN 109338215 A

C21D 1/28 (2006.01)

(43) 申请公布日 2019.02.15

C21C 7/064 (2006.01)

(73) 专利权人 江阴兴澄特种钢铁有限公司

C21C 7/10 (2006.01)

地址 214429 江苏省无锡市江阴市滨江东
路297号

B22D 11/115 (2006.01)

(72) 发明人 丁庆丰 许晓红 白云 李经涛
杨宏伟

(56) 对比文件

CN 104878294 A, 2015.09.02

CN 107338392 A, 2017.11.10

CN 106756536 A, 2017.05.31

CN 104480393 A, 2015.04.01

CN 102433507 A, 2012.05.02

(74) 专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限
公司 11429

代理人 赵海波 孙燕波

审查员 蔡灿

(51) Int. Cl.

C22C 38/02 (2006.01)

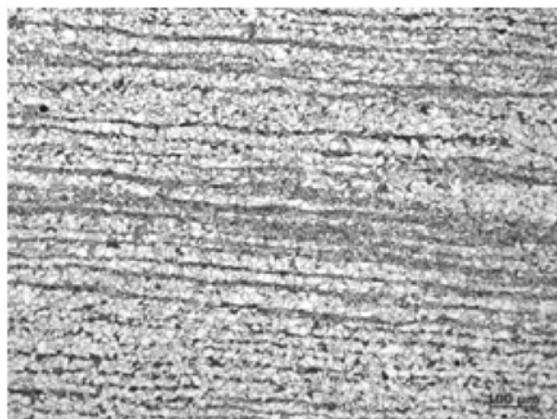
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种8~25mm厚低屈强比罐车用高强钢板及其
制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种8~25mm厚低屈强比罐车用
高强钢板,其解决目前钢板屈强比高、焊接性差、
生产成本高等不足,采用低C+Mn+Cr及Nb、Ni微合
金化体系,钢的化学成分按重量百分比为C:0.08
~0.15%、Si:0.05~0.20%、Mn:1.50~2.00%、
P≤0.012%、S≤0.005%、Cr:0.32~0.45%、Ni:
0.10~0.20%、Nb:0.02~0.07%,余量为Fe及不
可避免的杂质元素,同时满足: $C_{eq}=C+Mn/6+(Cr+Mo+V)/5+(Ni+Cu)/15\leq 0.50\%$ 。采用正火工艺
生产,机械性能满足:屈服强度 $\geq 400MPa$,抗拉强
度 $R_m\geq 600MPa$,延伸率 $A_{50}\geq 32\%$,屈强比 \leq
0.75,横向冲击功 $-50^\circ C K V_2\geq 47J$;工艺流程为高
炉铁水→铁水KR处理→120~160t氧气转炉冶炼
→LF钢包炉精炼→RH真空炉处理→连铸→铸坯
加热→控制轧制→正火→探伤→检验。具有屈强
比低、强度高、低温韧性和塑性优异、焊接性好等
特性,且生产成本低、可操作性强。



1. 一种8~25mm厚低屈强比罐车用高强钢的制造方法,其特征在于:所述高强钢的化学成分按质量百分比计为C:0.08~0.15%、Si:0.05~0.20%、Mn:1.50~2.00%、 $P \leq 0.012\%$ 、 $S \leq 0.005\%$ 、Cr:0.32~0.45%、Ni:0.10~0.20%、Nb:0.02~0.07%,余量为Fe及不可避免的杂质元素,同时满足: $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \leq 0.50\%$;

所述方法包括:高炉铁水→铁水KR处理→120~160t氧气转炉冶炼→LF钢包炉精炼→RH真空炉处理→连铸→铸坯加热→控制轧制→正火→探伤→检验;

主要工序的具体操作如下:

1) 冶炼:高炉铁水经KR脱硫,再经120~160t氧气转炉进行冶炼,控制 $[P] \leq 0.010\%$, $[C] \leq 0.04\%$,再转钢包炉精炼,并同时加入合金材料,将成分调整至目标值,并控制 $[S] \leq 0.004\%$,再在RH真空炉进行精炼;

2) 连铸:采用匹配的拉速与温度,浇注成厚度140~300mm及以上规格的铸坯,铸坯堆垛缓冷48小时以上,铸坯温度降至300℃以下后转入下一工序;

3) 轧制:将铸坯加热至1160~1220℃,在炉时间为0.9~1.5min/mm×板厚(mm),高温铸坯经机械和高压水除鳞,除尽铸坯表面氧化铁皮;

然后进行两阶段控制轧制,包括粗轧和精轧,控制粗轧的终轧温度在970~1020℃,前2道次压下量 $\geq 28\text{mm}$;精轧开轧温度为860~930℃,终轧温度为820~860℃,轧制成8~25mm厚钢板;

4) 正火:钢板经900~930℃正火处理,在炉时间为60~105分钟,出炉空冷至室温后成为成品钢板。

2. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于:机械性能满足:屈服强度 $\geq 400\text{MPa}$,抗拉强度 $R_m \geq 600\text{MPa}$,延伸率 $A_{50} \geq 32\%$,屈强比 ≤ 0.75 ,横向冲击功 $-50^\circ\text{C}KV_2 \geq 47\text{J}$ 。

3. 根据权利要求1所述的制造方法,其特征在于:钢板组织为铁素体+珠光体+少量贝氏体,晶粒度达10-11级。

4. 根据权利要求1所述的的制造方法,其特征在于:浇注时采用电磁搅拌技术,使铸坯质量达到中心偏析C1.0级以下,中心疏松0.5级,无裂纹。

一种8~25mm厚低屈强比罐车用高强钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种8~25mm厚低屈强比罐车用高强钢及其制造方法。属于低合金钢技术领域。

背景技术

[0002] 经过几十年经济高速发展,我国石油消耗日趋增大,对环境污染等问题也日趋突出。随着国民环保意识觉醒,我国节能减排和环保政策逐渐推广执行,市场对移动罐车的要求越来越严格,那些容重比小,运载效率低的移动罐车逐渐淘汰,移动罐车的大型化、高端化已成为趋势。自21世纪初,我国开始使用600MPa级高强钢以来,移动罐车体积越来越大,容重比越来越小。随着交通运输业急剧扩大,罐车事故频发,碰撞容易造成罐车罐体开裂,从而引起危化品泄露,造成环境污染和财产损失,这对罐车用钢的屈强比、塑性等提出了更高要求。低屈强比和高塑性可明显提高罐车用钢板的抗变形能力,大幅减少因碰撞、撞击等引起的罐车用钢板的开裂。随着钒合金价格的逐年增加,钢板生产成本也越来越高,给市场推广和应用带来较大影响。

[0003] 专利CN102719737B是一种屈服强度460MPa的正火型高强韧钢板,采用C-Mn-Ni-V-N成分设计,抗拉强度实物水平为660~690MPa,低温韧性优良,但其V含量为0.12~0.20%、N含量为0.005~0.020%,塑性不足,合金成本高,N含量控制不稳定,易导致铸坯裂纹产生,不利于批量生产。

[0004] 专利CN201310108383.X申请了一种屈服强度460MPa的正火容器钢及其制造方法,抗拉强度 $R_m \geq 570$ MPa,实物性能为578~613MPa, $-40^\circ\text{C}KV_2 \geq 100$ J, Si含量为0.30~0.50%,并采用了控制冷却工艺,并控制冷却速度8~15 $^\circ\text{C}/\text{s}$,但其抗拉强度不足,屈强比为0.82~0.84,且生产工艺流程长且复杂, Si含量较高不利于钢板表面质量。

[0005] 专利CN201110462082.8是一种无Ni正火型Q370R压力容器钢板及其制造方法,并采用控制冷却工艺生产,其抗拉强度为550~585MPa,塑性指标为28~29%,组织类型为铁素体+珠光体,但其为500MPa级低合金钢,仅能满足 -20°C 冲击韧性要求,且V含量为0.07~0.08%,生产工艺流程长。

[0006] 综上所述,现有正火型高强钢板存在生产工艺流程长,屈强比较高,强度不足,且钢中V合金元素含量较高,合金成本较高,且N含量较高,不利于批量生产。

发明内容

[0007] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术提供一种低屈强比罐车用高强钢及其制造方法,该钢采用C-Mn-Cr系,并辅以Nb、Ni微合金化的成分体系和正火工艺生产,成品厚度为8~25mm的罐车用高强钢板,具有低屈强比、高强度、高塑性及优异的低温韧性等特点,且生产工艺流程短,成本低,适合批量生产。

[0008] 本发明解决上述问题所采用的技术方案为:一种低屈强比罐车用高强钢的化学成分按质量百分比计为C:0.08~0.15%、Si:0.05~0.20%、Mn:1.50~2.00%、 $P \leq 0.012\%$ 、S

$\leq 0.005\%$ 、Cr:0.32~0.45%、Ni:0.10~0.20%、Nb:0.02~0.07%，余量为Fe及不可避免的杂质元素，同时满足： $C_{eq} = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15 \leq 0.50\%$ 。

[0009] 本发明低屈强比罐车用高强钢性能满足：屈服强度 $\geq 400\text{MPa}$ ，抗拉强度 $R_m \geq 610\text{MPa}$ ，延伸率 $A_{50} \geq 32\%$ ，屈强比 ≤ 0.75 ，横向冲击功 $-50^\circ\text{C}KV_2 \geq 47\text{J}$ 。

[0010] 本发明低屈强比罐车用高强钢的制造方法：铁水先进行深脱硫，并经120~160t氧气转炉冶炼，再在LF精炼炉深脱硫、合金添加及精炼处理，然后进行RH真空处理，连铸时采用轻压下技术和全过程保护浇注技术在连铸机上浇注成140~300mm厚铸坯。将铸坯加热至1160~1220℃，在炉时间为0.9~1.5min/mm×板厚(mm)，高温铸坯经机械和高压水除鳞，除尽铸坯表面氧化铁皮；然后控制轧制，终轧温度控制在970~1020℃，前2道次压下量 $\geq 28\text{mm}$ ；精轧开轧温度为860~930℃，终轧温度为820~860℃，轧制成8~25mm厚钢板；再进行900~930℃正火处理后成成品钢板。

[0011] 为保证本发明的目的，满足低屈强比罐车用高强钢低屈强比、高强度、高塑性、优异的低温韧性等特性，本发明中C、Si、Mn、P、S、Cr、Ni、Nb等元素的限定理由阐述如下：

[0012] C通过固溶强化作用可明显提高钢板强度，当C含量较低时，必须通过添加合金元素来提高强度，明显增加成本，但过量的碳将明显降低钢的韧性和可焊性。为保证钢板强度和韧性等，C的含量为0.08~0.15%。

[0013] Si可有利于钢板强度的提高，当Si含量过高时，易形成坚硬硅酸盐夹杂物引起钢板表面缺陷，也明显降低钢板的韧性，Si的含量为0.05~0.20%。

[0014] Mn是低合金钢中普遍用来提高钢板强度的重要元素，在正火型高强钢中，提Mn降C是主要手段，Mn与钢中的Fe形成固溶体，可提高钢中铁素体的强度，其通过降低临界转变温度而细化珠光体组织，也起到提高钢的强度和韧性的作用。为保证钢的高强和低温韧性等，Mn的含量为1.50%~2.00%。

[0015] P对钢板的力学性能、热加工性是不利的，但其作为杂质元素不可避免存在于钢中，如无特殊性能要求，其含量越低越好，P的含量 $\leq 0.012\%$ 。

[0016] S通常是有害元素，其含量过高，降低钢的韧性和塑性，作为不可避免的杂质元素，尽量降低其含量，S的含量 $\leq 0.005\%$ 。

[0017] Cr可促进钢中贝氏体等硬相组织形成，与铁形成连续固溶体，固溶强化基体，细化组织，提高钢板的强度和硬度，但其过高时，促进形成过多的硬相组织，降低钢的韧性和塑性。Cr的含量为0.32~0.45%。

[0018] Ni是改善钢的低温韧性的主要元素，也是形成和稳定奥氏体的主要合金元素，其与铁互溶，通过细化钢种 α 相晶粒，从而改善钢的低温韧性。但其含量较高时，也将显著增加钢的生产成本，Ni的含量为0.10~0.20%。

[0019] Nb在控制轧制过程中引入大量高密度位错和畸变区，促进更多的相变核心的形成和相变组织的细化，从而提高贝氏体、铁素体基体强度。另外与C、N形成细小Nb(C、N)析出物，可促进新相形成，使晶粒进一步细化。但当Nb含量超过0.07%时，会恶化焊接热影响区的低温韧性。Nb的含量为0.02~0.07%。

[0020] 本发明采用低C-Mn-Cr及Nb、Ni微合金化成分设计和正火工艺生产。首先对铁水进行脱硫，控制 $[S] \leq 0.003\%$ ；在炼钢时进行脱磷，控制出钢 $[P] \leq 0.010\%$ ，出钢后添加铬铁、镍铁、锰铁。在钢包炉精炼时进一步深脱硫，将硫控制至较低含量，钢水中的O含量尽量通过

A1线脱氧并控制至在20ppm以下,同时添加按照目标成分添加铌铁等合金;Nb与C、N结合在钢中形成细小高温质点Nb(C、N),在钢液凝固和轧制过程中有利于抑制晶粒长大和细化晶粒。在真空处理时,保证真空处理时间不少于10分钟,进一步降低钢中气体含量,保证 $[H] \leq 2\text{ppm}$ 、 $[O] \leq 10\text{ppm}$ 、 $[N] \leq 40\text{ppm}$,同时有利于夹杂物的充分上浮和除去,保证了铸坯内在冶金质量和纯净度,有利于改善钢的低温韧性和塑性。浇注时采用电磁搅拌技术,改善铸坯心部质量,减少铸坯中心疏松和中心偏析,使铸坯质量达到中心偏析C1.0级以下,中心疏松0.5级,无裂纹。轧制时采用控制轧制工艺,充分利用Nb和Cr的作用,调整钢的组织形态,使钢板内部形成铁素体+珠光体+少量贝氏体组织,提高钢的强度,同时有利于降低钢的屈强比,改善塑性。最后对钢板再进行正火处理,进一步消除钢板应力,使钢板组织更均匀,使钢板具有优异的强韧性匹配和优异的塑性。

[0021] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:

[0022] 1、本发明钢板不仅具有高强度、优良的 -50°C 低温韧性等特点,还有具有低屈强比、高塑性等特性,可明显提高罐车安全性,满足罐车要求。

[0023] 2、本发明采用C-Mn-Cr系和Nb、Ni微合金化成分设计,不额外添加其余合金,经LF、RH精炼处理,使钢板具有优异的内在质量,再经正火热处理,使钢板组织为铁素体+珠光体+少量贝氏体,达到提高强度,降低屈强比,改善韧性和塑性目的,开发出低屈强比罐车用高强度钢,其生产成本低,操作性强,且工艺流程短。

[0024] 3、本发明8~25mm厚低屈强比罐车用高强度钢的碳当量 $C_{eq} \leq 0.50\%$,性能满足屈服强度 $\geq 400\text{MPa}$,抗拉强度 $R_m \geq 600\text{MPa}$,延伸率 $A_{50} \geq 32\%$,屈强比 ≤ 0.75 ,横向冲击功 $-50^{\circ}\text{C} K_{V2} \geq 47\text{J}$ 。具有优良的强韧性匹配、较低屈强比、高塑性、可焊性等特点。

附图说明

[0025] 图1为实施例1的23mm厚钢板金相组织,主要为铁素体+珠光体+少量贝氏体。

[0026] 图2为实施例1的12mm厚钢板金相组织,主要为铁素体+珠光体+少量贝氏体。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图说明和具体的实施例对本发明所述的低硅万向节球笼用钢及其制造方法作进一步的解释和说明,然而该解释和说明并不对本发明的技术方案构成不当限定。

[0028] 本发明各实施例的熔炼化学成分见表1(wt%),剩余为Fe及不可避免的杂质元素。

[0029] 表1

元素	C	Si	Mn	P	S	Nb	Cr	Ni	Ceq
实施例1	0.15	0.18	1.56	0.006	0.001	0.035	0.33	0.18	0.488
实施例2	0.12	0.20	1.62	0.007	0.002	0.058	0.43	0.19	0.489

注: $C_{eq}(\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$ 。

[0031] 上述实施例均在120~160t转炉冶炼,铁水经KR脱硫, $[S]$ 最低达到0.001%,再经LF钢包炉进行深脱硫、升温、精炼处理及添加相关合金,之后在RH真空处理炉进行脱气、除夹杂物等精炼处理,充分使夹杂物和气体去除,保证钢水纯净度,并保证合金成分均匀,然后经电磁搅拌和全过程保护浇注成140~300mm厚铸坯。

[0032] 将140~300mm厚铸坯加热至1160~1220℃,在炉时间为0.9~1.5min/mm×板厚(mm),铸坯出炉后经机械和高压水除鳞,除尽铸坯表面氧化铁皮;然后控制轧制,终轧温度控制在970~1020℃,前2道次压下量 $\geq 28\text{mm}$;精轧开轧温度为860~930℃,终轧温度为820~860℃,轧制成8~25mm厚钢板;轧制过程中充分利用细小高温质点Nb(C、N)细化晶粒作用,在控轧控冷过程中提高钢的基体强度和改善其低温韧性,同时利用Cr的强化基体作用,进一步提高钢的强度,有利于屈强比的降低。再进行900~930℃正火处理,在炉时间为60~105min,出炉后空冷至室温,使钢板组织更加均匀,有利于提高钢板韧性和塑性。表2为各实施例主要轧制和正火工艺参数。

[0033] 表2

实施例	钢板厚度 (mm)	粗轧终轧 温度(℃)	精轧开轧 温度(℃)	精轧终轧 温度(℃)	正火温度 (℃)	在炉时间 (min)
[0034] 实施例 1	12	1012	898	839	910	82
实施例 1	23	998	872	852	930	100
实施例 2	8	1000	917	826	900	56
[0035] 实施例 2	12	999	892	835	910	78
实施例 2	23	1005	875	855	930	93

[0036] 热处理后的钢板,夹杂物及组织参数统计见表3,横向取样加工成拉伸、冲击试样,并进行力学性能测试,结果见表4。

[0037] 表3

实施例	钢板厚度 (mm)	夹杂物级别统计					组织统计	
		A	B	C	D	Ds	类型	铁素体晶粒
[0038] 实施例 1	12	0.5	0.5	0	0.5	0	F+P+少量 B	11
实施例 1	23	0.5	0.5	0	0.5	0.5	F+P+少量 B	10.5
实施例 2	8	0.5	0.5	0	0.5	0	F+P+少量 B	11
实施例 2	12	0.5	0.5	0	0.5	0	F+P+少量 B	11
实施例 2	23	0.5	0.5	0	0.5	0	F+P+少量 B	10.5

[0039] 表4

[0040]

实施例	钢板厚度 (mm)	屈服强度 R _{eL} (MPa)	抗拉强度 R _m (MPa)	屈强比 R _{eL} /R _m	延伸率 A ₅₀ (%)	冲击 -50℃KV ₂ (J)
实施例 1	12	428	633	0.68	39.5	71 79 72
实施例 1	23	426	620	0.69	40.5	92 97 89
实施例 2	8	437	632	0.69	38.0	65 62 71
实施例 2	12	446	629	0.71	37.5	81 80 79
实施例 2	23	437	626	0.70	38.0	98 93 92

8mm 厚钢板采用 7.5mmx10mmx55mm 试样。

[0041] 由表3和表4可见,钢中夹杂物等级较低,含量少,可明显改善钢板低温韧性和塑性,组织类型为铁素体F+珠光体P+少量贝氏体B,铁素体晶粒较细,少量贝氏体的存在有利于钢板强度的提高,同时有助于降低钢板的屈强比。因此,本发明试验钢板强度、冲击韧性、延伸率性能优异,富裕量均较大,特别是屈强比低,低温韧性和塑性优异。

[0042] 图1所示为实施例1中23mm厚钢板组织结构图,组织为铁素体+珠光体+少量贝氏体。该组织不仅保证了钢具有较好的强韧性,还使其具有较好的屈强比和塑性。图2所示为实施例1中12mm厚钢板组织结构图,组织为铁素体+珠光体+少量贝氏体,晶粒度达10-11级。

[0043] 本发明均可在冶金行业中中厚板厂实施,工艺流程简单,可操作性强且成本较低。

[0044] 本发明用途广泛,可应用于汽车罐车、铁路罐车、罐式集装箱等行业。

[0045] 需要指出的是,以上例举的仅为本发明的具体实施例,显然本发明不限于以上实施例,而是根据需要有許多类似的变化。本领域的技术人员如果从本发明公开的内容直接导出或联想到所有变形,均应属于本发明的保护范围。

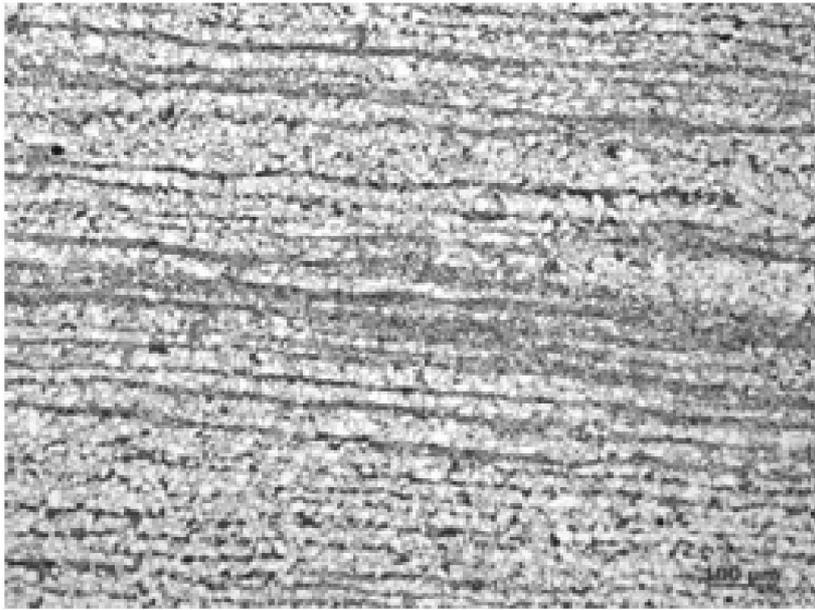


图1

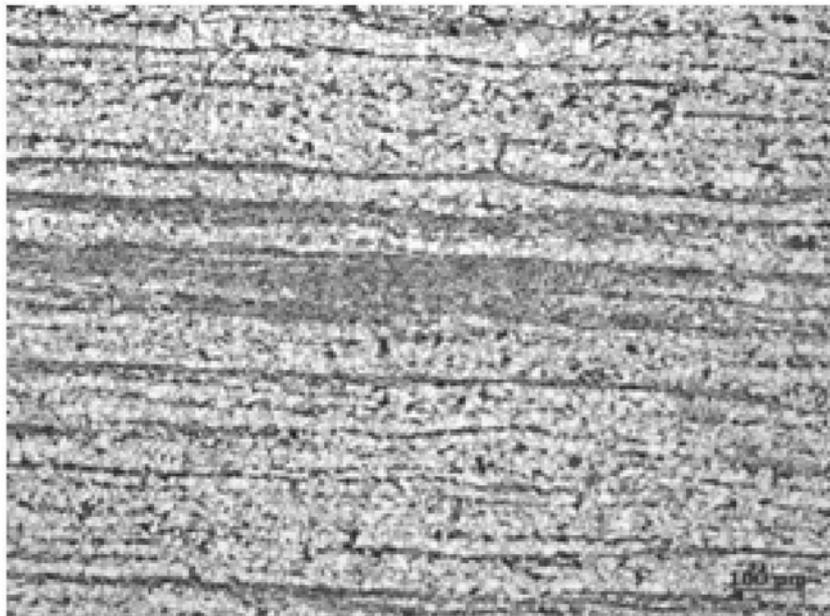


图2