



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107557660 B

(45)授权公告日 2019.02.26

(21)申请号 201610503624.4

G22C 38/14(2006.01)

(22)申请日 2016.06.30

G21D 8/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

审查员 王冬妮

申请公布号 CN 107557660 A

(43)申请公布日 2018.01.09

(73)专利权人 鞍钢股份有限公司

地址 114021 辽宁省鞍山市铁西区鞍钢厂区内

(72)发明人 朱莹光 侯家平 张宏亮

(51)Int.Cl.

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/08(2006.01)

G22C 38/12(2006.01)

G22C 38/18(2006.01)

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种正火-50℃低温用钢及其制造方法

(57)摘要

本发明提供一种正火-50℃低温用钢,该钢板成分按重量百分比计如下:C:0.09%~0.15%,Si:0.16%~0.50%,Mn:0.60%~1.18%,Ni:0.10%~0.50%,Mo:0.01%~0.09%,Cr:0.15%~0.30%,V:0.06%~0.10%,Ti:0.015%~0.030%,S:≤0.005%,P:≤0.008%,余量为Fe和不可避免杂质,Ceq≤0.36。制造方法:转炉冶炼,精炼,连铸,板坯缓冷,清理,轧制,热处理。采用本发明生产低温用钢,屈服强度≥350MPa,抗拉强度500-630MPa,延伸率≥25%,强度比同级别的09MnNiDR钢提高约15%。

1. 一种正火-50℃低温用钢的制造方法,其特征在于,该钢的成分按重量百分比计如下:C:0.09%~0.15%,Si:0.16%~0.50%,Mn:0.60%~0.90%,Ni:0.10%~0.50%,Mo:0.01%~0.09%,Cr:0.15%~0.30%,V:0.06%~0.10%,Ti:0.025%~0.030%,S:≤0.005%,P:≤0.008%,余量为Fe和不可避免的杂质,碳当量应控制在≤0.36, $C_{eq}=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14$;

所述的正火-50℃低温用钢的制造方法,包括转炉冶炼,LF+VD精炼,连铸,板坯缓冷,清理,轧制,热处理,

(1) 转炉冶炼,LF+VD精炼:LF炉造还原渣脱硫,钢液在VD真空炉内脱气,保证VD炉的保压时间为15-20min,控制[H]≤2ppm,[O]≤20ppm;

(2) 板坯缓冷:连铸坯进缓冷坑缓冷;

(3) 清理:板坯缓冷后需抢温清理,清理温度≥150℃;

(4) 轧制:采用两阶段控制轧制,一阶段开轧温度≥1050℃,二阶段开轧温度≥880℃,轧后空冷;

(5) 热处理:采用正火+回火热处理,将室温钢板进加热炉,在800~850℃保温2min/mm正火,在600~650℃保温4min/mm回火。

一种正火-50℃低温用钢及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于低合金钢制造领域,尤其涉及低温储罐等的建造。

背景技术

[0002] 低温用钢主要用于制作储存和运输各类液化气体的设备,包括液化石油气、液化乙烯气、液氨等,低温用钢通常要求具有较高的强度和较好的低温冲击韧性。近年来,随着我国石油、化工行业的快速发展以及全世界范围内对于清洁能源的需求的迅猛增加,此类低温用钢的需求量越来越大。

[0003] 低温用钢包括奥氏体低温钢和铁素体低温钢,铁素体低合金低温钢就是通过添加少量的Ni、Cr、Mo等合金元素,辅以合适的轧制及热处理工艺,获得理想的显微组织,使钢在较低的制造成本下,具备足够的强度和低温韧性,以及优良的焊接性能。

[0004] 现有技术专利《一种调质低温用钢及其制造方法》(公开号CN102286692A),公开的调质低温用钢化学成分质量分数为:C:0.04~0.08%,Si:≤0.15%,Mn:1.20~1.60%,P:≤0.015%,S:≤0.003%,Als:≤0.010%,Cu:0.05~0.35%,Ni:0.10~0.40%,Mo:0.10~0.30%,Ti:0.007~0.012%,V:0.020~0.050%,N:0.0055~0.0085%,B:0.0008~0.0020%,Ca:0.001~0.004%,其余为铁和不可避免的杂质。该钢通过再结晶控制轧制、在线直接淬火、回火热处理工艺相结合进行制造,在线直接淬火工艺对于设备及生产过程的控制要求较高,且存在钢板内部性能不均及钢板板形不好控制等缺点。

[0005] 邓嘉耀1992年在《石油化工建设》发表的题为“LT50钢的抗裂性试验和焊接性能试验”和宋永兰1998年在《焊接技术》发表的题为“LT-50低温钢的焊接及其质量控制”文章中提到用于-40℃低温环境下的调质LT-50钢,按其文中的碳当量计算公式,LT-50钢的碳当量为0.42左右,碳当量较高。

[0006] 梁鹏跃等1992年在《压力容器》发表的题为“0.5Ni低温用钢的研制”和章星华1998年在《大氮肥》发表的题为“国产0.5Ni低温用钢在大型合成氨装置中的应用”文章中提到了用于-60℃以上低温环境使用的09MnNiDR钢,其缺点是强度较低,且钢中没有用于细化晶粒的化学元素,致使其铁素体晶粒粗大。

[0007] 黄静等2006年在《压力容器》发表了题为“-50℃用15MnNiNbDR钢板的开发和试验研究”,文中提到,“Mn产生了枝晶偏析和中心偏析,由于Mn的扩散系数低,在随后的铸坯加热、轧制过程中不易均匀化,仍然遗传到钢板中。在正火过程中,Mn偏析区域的Ar3温度低,先共析铁素体转变被推迟,钢板中心部位形成的珠光体带组织较为粗大”。

发明内容

[0008] 本发明的目的在于克服上述问题和不足而提供一种钢板内部组织性能均匀,板形好,强度及焊接性能优良的正火-50℃低温用钢及其制造方法。

[0009] 本发明的目的是这样实现的:

[0010] 一种正火-50℃低温用钢,该钢板的成分按重量百分比计如下:C:0.09%~

0.15%, Si:0.16%~0.50%, Mn:0.60%~1.18%, Ni:0.10%~0.50%, Mo:0.01%~0.09%, Cr:0.15%~0.30%, V:0.06%~0.10%, Ti:0.015%~0.030%, S: \leq 0.005%, P: \leq 0.008%, 余量为Fe和不可避免的杂质, 碳当量应控制在 \leq 0.36, 计算公式为 $C_{eq}=C+Si/24+Mn/6+Ni/40+Cr/5+Mo/4+V/14$ 。

[0011] 本发明成分设计理由如下:

[0012] (1) 碳:碳是提高钢强度最有效的化学元素,但同时,碳会大幅降低钢的韧性,破坏钢的焊接性能,综合考察,碳含量控制在0.09%~0.15%。

[0013] (2) 硅:硅是钢中最基本的脱氧剂,并能提高钢的强度,但是,硅对钢的韧性和焊接性能不利,其含量应控制在0.16%~0.50%。

[0014] (3) 锰:锰的作用是消除钢中硫的热脆倾向,改变硫化物的形态和分布以提高钢质,并可提高钢的淬透性能,稳定并扩大奥氏体区,但是锰含量过高时,会促进晶粒长大,产生回火脆性,且锰含量对于碳当量的影响较大,所以,适当降低锰含量,将其控制在0.60%~1.18%。

[0015] (4) 镍:镍能提高钢的强度,镍属于无限扩大奥氏体区的元素之一,有利于提高钢的低温韧性,但是,镍属于稀缺资源,价格昂贵,因此,将镍含量控制在0.10%~0.50%。

[0016] (5) 钼:抑制钢的回火脆性,与铬、镍等并存时,可显著提高钢的淬透性,使钢的晶粒细化,从而提高钢的强度,改善钢的韧性,其含量应控制在0.01%~0.09%。

[0017] (6) 铬:铬能提高钢的淬透性,且铬碳化物在钢中是最细小的一种化合物,可均匀分布在钢中,从而提高钢的强度,但是,铬属于缩小奥氏体区的元素之一,且铬显著提高钢的脆性转变温度,因此,铬含量应控制在0.15%~0.30%。

[0018] (7) 钒:钒在奥氏体中的固溶度高,但在铁素体中的固溶度较低,在低碳钢中有强烈的析出强化作用,其强化作用仅次于C,大于Nb,是Mn的5倍,同时提高钢的强度和韧性,且钒能显著地改善普通低碳低合金钢的焊接性能,因此,钒含量应控制在0.06%~0.10%。

[0019] (8) 钛:钛是一种强烈的碳化物和氮化物形成元素,在钢重新加热中阻止奥氏体晶粒长大,及在高温奥氏体区粗轧时Ti(C、N)析出,一直奥氏体晶粒长大。微Ti处理可以大幅度提高钢的焊接HAZ韧性,因钢板在焊接过程中,钢中TiN和TiC粒子能显著阻止热影响区晶粒长大,从而改善焊接性能,因此,Ti含量控制在0.015%~0.030%。

[0020] (9) 硫:硫在钢中易形成FeS和MnS夹杂,产生热脆现象,显著降低钢的韧性,因此,应尽量降低钢中的硫含量。

[0021] (10) 磷:磷在钢中常偏聚于晶界,破坏基体的连续性,显著降低钢的韧性,使焊接性能变坏,易产生冷脆,因此,应尽量降低钢中的磷含量。

[0022] 一种正火-50℃低温用钢的制造方法,包括转炉冶炼,LF+VD精炼,连铸,板坯缓冷,清理,轧制,热处理,

[0023] (1) 转炉冶炼,LF+VD精炼:LF炉造还原渣脱硫,减少夹杂,调整成分。然后,钢液在VD真空炉内脱气,保证VD炉的保压时间为15-20min。测定H、O含量,控制[H] \leq 2ppm,[O] \leq 20ppm;

[0024] (2) 连铸:选用保护渣,全程保护浇注,减少连铸过程的二次氧化,降低钢中的夹杂物含量,提高钢的纯净度;

[0025] (3) 板坯缓冷:连铸坯进缓冷坑缓冷,使铸坯中的气体得到充分的扩散排出,最大

程度降低铸坯气体含量；

[0026] (4) 清理：板坯缓冷后需抢温清理，清理温度 $\geq 150^{\circ}\text{C}$ ，铸坯冷却后再清理会在表面与内部间形成温差，高合金钢的铸坯表面此时容易产生微裂纹；

[0027] (5) 轧制：采用两阶段控制轧制，一阶段开轧温度 $\geq 1050^{\circ}\text{C}$ ，二阶段开轧温度 $\geq 880^{\circ}\text{C}$ ，轧后空冷。对于第一阶段高于 1050°C 的再结晶区轧制，是为了确保奥氏体有足够的延伸，充分发挥控制轧制的强化作用；对于高于 850°C 的未再结晶区轧制，是为了增大铁素体的有效形核面积，细化铁素体晶粒；

[0028] (6) 热处理：采用正火+回火热处理，将室温钢板进加热炉，在 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 保温 $2\text{min}/\text{mm}$ 正火，正火的目的是获得铁素体+珠光体组织；在 $600\sim 650^{\circ}\text{C}$ 保温 $4\text{min}/\text{mm}$ 回火，回火的目的是促进碳化物析出，从而改善钢的强度和韧性。

[0029] 本发明的有益效果在于：

[0030] (1) 采用本技术方案制造的 -50°C 低温用钢，其屈服强度 $\geq 350\text{MPa}$ ，抗拉强度 $500\sim 630\text{MPa}$ ，延伸率 $\geq 25\%$ ，断面收缩率 $\geq 50\%$ ， -50°C V型冲击功 $\geq 80\text{J}$ ，强度比同级别的09MnNiDR钢提高约 15% ；

[0031] (2) 降低Mn含量，可以避免其可能产生的回火脆性；

[0032] (3) 微合金元素Ni、Cr、Mo、V、Ti的加入，通过其对组织的细化及回火后的析出同时提高钢的强度和低温韧性；

[0033] (4) 碳当量控制在0.36以下，以及V、Ti的加入，有利于改善钢的焊接性能；

[0034] (5) 板坯缓冷，可以最大程度降低铸坯内部的气体含量，而抢温清理可以防止铸坯表面产生微裂纹；

[0035] (6) 控制轧制和离线热处理工序，是出于对钢板晶粒尺寸和微观组织的控制考虑，保证了钢板的强度和低温韧性以及组织均匀性。

具体实施方式

[0036] 下面通过实施例对本发明作进一步的说明。

[0037] 本发明实施例根据技术方案的组分配比，进行转炉冶炼，LF+VD精炼，连铸，板坯缓冷，清理，轧制，热处理。本发明实施例钢的成分见表1。本发明实施例钢的性能见表2。

[0038] 表1本发明实施例钢的成分 (wt%)

[0039]

| | C | Si | Mn | P | S | Ni | Mo | Cr | V | Ti | Ceq |
|------|------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|
| 实施例1 | 0.13 | 0.30 | 0.90 | 0.005 | 0.002 | 0.46 | 0.04 | 0.22 | 0.08 | 0.025 | 0.35 |
| 实施例2 | 0.10 | 0.21 | 0.75 | 0.005 | 0.002 | 0.50 | 0.04 | 0.18 | 0.06 | 0.015 | 0.30 |
| 实施例3 | 0.10 | 0.35 | 1.10 | 0.006 | 0.002 | 0.15 | 0.08 | 0.15 | 0.09 | 0.030 | 0.36 |

[0040] 实施例1

[0041] 采用100吨氧气顶吹转炉冶炼，吹炼过程中掌握好枪位，做到过程渣化好，碳温协调；

[0042] LF炉造还原渣脱硫，减少夹杂，调整成分。VD炉的保压时间为18min。测定H、O含量， $[\text{H}] = 1.0\text{ppm}$ ， $[\text{O}] = 15\text{ppm}$ ；

[0043] 连铸选用保护渣，全程保护浇注，铸坯规格300mm；

[0044] 板坯进缓冷坑缓冷，缓冷后抢温清理，清理温度 180°C ；

[0045] 两阶段控制轧制，一阶段开轧温度 1100°C ，二阶段开轧温度 900°C ，轧后空冷，钢板

厚度30mm;

[0046] 热处理:采用正火+回火热处理,将室温钢板进加热炉,在820℃保温2min/mm正火,在625℃保温4min/mm回火后空冷。

[0047] 实施例2

[0048] 采用100吨氧气顶吹转炉冶炼,吹炼过程中掌握好枪位,做到过程渣化好,碳温协调;

[0049] LF炉造还原渣脱硫,减少夹杂,调整成分。VD炉的保压时间为15min。测定H、O含量, [H] = 1.2ppm, [O] = 18ppm;

[0050] 连铸选用保护渣,全程保护浇注,铸坯规格300mm;

[0051] 板坯进缓冷坑缓冷,缓冷后抢温清理,清理温度170℃;

[0052] 两阶段控制轧制,一阶段开轧温度1080℃,二阶段开轧温度910℃,轧后空冷,钢板厚度30mm;

[0053] 热处理,采用正火+回火热处理,将室温钢板进加热炉,在830℃保温2min/mm正火,在635℃保温4min/mm回火后空冷。

[0054] 实施例3

[0055] 采用100吨氧气顶吹转炉冶炼,吹炼过程中掌握好枪位,做到过程渣化好,碳温协调;

[0056] LF炉造还原渣脱硫,减少夹杂,调整成分。VD炉的保压时间为17min。测定H、O含量, [H] = 1.0ppm, [O] = 16ppm;

[0057] 连铸选用保护渣,全程保护浇注,铸坯规格300mm;

[0058] 板坯进缓冷坑缓冷,缓冷后抢温清理,清理温度165℃;

[0059] 两阶段控制轧制,一阶段开轧温度1060℃,二阶段开轧温度890℃,轧后空冷,钢板厚度30mm;

[0060] 热处理采用正火+回火热处理,,将室温钢板进加热炉,在830℃保温2min/mm正火,在620℃保温4min/mm回火后空冷。

[0061] 表2本发明实施例钢的性能

[0062]

| | 屈服强度 Mpa | 抗拉强度 Mpa | 延伸率 % | 断面收缩率 % | Akv-50℃ J |
|-------|-------------|-------------|----------|------------|--------------|
| 指标 | ≥350 | 500-630 | ≥25 | ≥50 | ≥80 |
| 实施例 1 | 420 | 578 | 33.0 | 73.0 | 168 |
| 实施例 2 | 400 | 555 | 35.5 | 75.5 | 202 |
| 实施例 3 | 445 | 595 | 32.0 | 73.5 | 145 |