



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104988435 B

(45)授权公告日 2017.03.22

(21)申请号 201510403344.1

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.07.11

G22C 38/60(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22C 38/44(2006.01)

申请公布号 CN 104988435 A

G22C 38/22(2006.01)

(43)申请公布日 2015.10.21

G21C 7/00(2006.01)

(73)专利权人 江阴兴澄特种钢铁有限公司

G21C 7/10(2006.01)

地址 214434 江苏省无锡市江阴市滨江东
路297号

G21D 8/02(2006.01)

审查员 艾芬

(72)发明人 张建 李经涛 李国忠 吴小林

林涛 孟宪震 刘海宽 赵琳

张军

(74)专利代理机构 江阴市同盛专利事务所(普
通合伙) 32210

代理人 唐纫兰 隋玲玲

权利要求书1页 说明书4页

(54)发明名称

一种低碳高韧性特厚钢板及其制造方法

(57)摘要

本发明公开了大厚度高韧性容器钢板,其化学成分按质量百分比计为C:0.08~0.12%,Si:0.15~0.40%,Mn:0.40~0.70%,P:≤0.005%,S:≤0.003%,Ni:≤0.40%,Cu:≤0.20%,Cr:0.80~1.20%,Mo:0.45~0.60%,Sb:≤0.003%,Sn:≤0.010%,As:≤0.012%,H:≤0.0002%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。本发明制造的低碳高韧性钢板厚度可达100~110mm,心部性能优异,尤其是-38℃低温冲击值120J以上,Z向性能优良,超过了标准对钢板Z向性能35%的最高要求。

1. 一种低碳高韧性特厚钢板的制造方法,其特征在于:钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.08~0.12%,Si:0.15~0.40%,Mn:0.40~0.70%,P: \leq 0.005%,S: \leq 0.003%,Ni: \leq 0.40%,Cu: \leq 0.20%,Cr:0.80~1.20%,Mo:0.45~0.60%,Sb: \leq 0.003%,Sn: \leq 0.010%,As: \leq 0.012%,H: \leq 0.0002%,余量为Fe及不可避免的杂质元素;

工艺步骤如下:

(1)冶炼连铸:冶炼原料依次经KR铁水预处理,转炉冶炼:转炉出钢P \leq 0.008%,转炉出炉温度为1610~1650℃,扒渣处理;LF精炼:白渣保持时间不小于25min,总精炼时间不小于45min,钢水S \leq 0.003%时扒渣;RH真空脱气精炼:真空度 \leq 0.5mbar,真空保持时间在25min以上后破空;连铸:制造出满足化学成分要求、厚度为370mm或以上的连铸坯,对连铸坯加罩缓冷72小时以上,缓冷结束后对连铸坯表面带温清理,清理温度保持在100℃以上;

(2)加热轧制:连铸坯加热至1200~1260℃,开轧温度控制在1020~1100℃,前3至5道次的单道次压下量40mm~65mm,轧制的总压缩比为 \geq 3,终轧温度800~900℃;轧制完成后,钢板在表面温度400~500℃时下线,加罩堆缓冷,缓冷72小时以上,缓冷至室温;

(3)热处理工序:对钢板进行淬火和回火热处理,淬火加热温度为910~940℃,淬火保温时间为1.8~2.5min/mm,出炉后用水快速冷却至200℃以下;回火加热温度为710~750℃,回火保温时间为2.5~4.0min/mm,出炉后在空气中冷却,获得钢板成品。

2. 根据权利要求1所述的低碳高韧性特厚钢板的制造方法,其特征在于:钢板的厚度为100~110mm。

一种低碳高韧性特厚钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢板制造领域,具体涉及一种厚度为100~110mm的低碳高韧性特厚容器钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 随着我国石油化工、煤化工等行业的快速发展,压力容器的设计和制造正朝着大厚度、高参数化方向发展,这对压力容器的安全性提出了更高的要求,对于制造压力容器用钢板的性能和规格提出了更加苛刻的要求。其中1Cr0.5Mo作为中高温压力容器用钢,相当于GB713-2014中牌号15CrMoR和ASME SA387-2013中牌号SA387Gr12CL2,凭借其良好的高温力学性能、抗高温氧化性能、抗腐蚀性能、工艺性能和可焊性,被广泛用于制造石油、化工、煤转化、核电等使用条件苛刻、腐蚀介质复杂的大型临氢设备。但是该钢种100mm以上钢板的低温韧性较差,通常只能保证高于-10℃的低温冲击性能,严重影响了该钢在高寒地区临氢设备上的使用,因此如何通过合理的成分设计和制备方法,生产出满足-10℃以下低温冲击性能要求的1Cr0.5Mo十分必要。

发明内容

[0003] 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厚度为100~110mm的低碳容器钢板,用于制造加氢反应器、气化炉、变换炉等,具有极低的碳含量,较高的-38℃低温冲击韧性、Z向性能,尤其具有较好的抗回火脆化能力以及满足模拟焊后热处理的低温冲击韧性不明显减弱的要求。

[0004] 本发明所要解决的另一技术问题是针对上述现有技术现状提供一种制造上述厚容器钢板的制造方法。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为,一种低碳高韧性特厚钢板,该钢板的化学成分按质量百分比计为该钢板的化学成分按质量百分比计为C:0.08~0.12%,Si:0.15~0.40%,Mn:0.40~0.70%,P:≤0.005%,S:≤0.003%,Ni:≤0.40%,Cu:≤0.20%,Cr:0.80~1.20%,Mo:0.45~0.60%,Sb:≤0.003%,Sn:≤0.010%,As:≤0.012%,H:≤0.0002%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。该钢板的厚度达到100~110mm。

[0006] 进一步讲,本发明的低碳高韧性特厚钢板,其心部-38℃横向夏比冲击功≥120J,Z向性能≥50%。

[0007] 本发明低碳高韧性特厚钢板的化学成分是这样确定的:

[0008] 钢板成分中,C能够增加淬透性并显著提高钢板的强度和硬度,但是对塑性和韧性有不利影响,为了保证-38℃低温冲击性能,C含量控制在0.08-0.12%;Si主要作为炼钢时的还原剂和脱氧剂使用,有一定的固溶强化作用,但如超过0.80%会导致钢的低温韧性降低,所以Si控制在0.30%左右;Mn通过固溶强化提高钢的强度,对韧性也有利;Ni能够提高钢的韧性和塑性,同时也增加强度,本发明的Ni控制在0.20%以下;Cr能大幅提高的淬透性,提高钢的强度和硬度,但同时降低钢的韧性和塑性,提高回火稳定性;Mo存在于固溶体和碳化物

中,可提高淬透性和强度,提高回火稳定性;Sb、Sn、As是有害元素,容易在晶界偏析,降低钢的抗回火脆化性能,应尽量减少;Nb形成Nb(N,C)析出相提高再结晶温度,细化奥氏体晶粒,能有效提高钢的强度和韧性;P、S是有害元素,P增加钢的脆性,降低钢的焊接性能,降低塑性和冷加工性能,S降低钢的延展性和韧性,在热加工过程中造成裂纹,故尽量减少P、S含量;H增加钢的氢脆倾向,应尽量降低其含量。

[0009] 本发明解决另一技术问题的技术方案是提供一种上述低碳高韧性特厚钢板的制造方法,转炉冶炼连铸、加热轧制、热处理工序,具体如下:

[0010] (1)冶炼连铸:冶炼原料依次经KR铁水预处理,转炉冶炼:转炉出钢 $P \leq 0.008\%$,转炉出炉温度为 $1610 \sim 1650^\circ\text{C}$,扒渣处理;LF精炼:白渣保持时间不小于25min,总精炼时间不小于45min,钢水 $S \leq 0.003\%$ 时扒渣;RH真空脱气精炼:真空度 $\leq 0.5\text{mbar}$,真空保持时间在25min以上时破空;连铸:制造出满足化学成分要求、厚度为370mm或以上的连铸坯,对连铸坯加罩缓冷72小时以上,加罩是为了进一步降低钢坯的H含量,缓冷结束后对连铸坯表面带温清理,确保连铸坯表面无裂纹等影响钢板表面质量的缺陷存在,清理温度保持在 100°C 以上。

[0011] (2)加热轧制:连铸坯加热段温度为 $1200 \sim 1260^\circ\text{C}$,开轧温度为 $1020 \sim 1100^\circ\text{C}$,前3至5道次的单道次压下量 $40\text{mm} \sim 65\text{mm}$,轧制的总压缩比为 ≥ 3 ,终轧温度 $800 \sim 900^\circ\text{C}$;轧制完成后,钢板在表面温度 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 时下线,加罩堆缓冷,缓冷72小时以上,缓冷至室温,钢板轧后缓冷的目的是充分降低钢板中残留的H含量,减小H的危害。

[0012] (3)热处理工序:对钢板进行淬火和回火热处理,淬火加热温度为 $910 \sim 940^\circ\text{C}$,淬火保温时间为 $1.8 \sim 2.5\text{min/mm}$,出炉后用水快速冷却至 200°C 以下;回火加热温度为 $710 \sim 750^\circ\text{C}$,回火保温时间为 $2.5 \sim 4.0\text{min/mm}$,出炉后在空气中冷却,获得钢板成品。

[0013] 与现有技术相比,本发明具有如下特点:

[0014] 本发明是为了获得低碳高韧性的特厚钢板,使之适于制作压力容器如加氢反应器、变换炉等。钢板碳含量($0.08 \sim 0.12\%$)低于现有钢板($0.12 \sim 0.18\%$)的碳含量,极大地提高了低温韧性和焊接性能,不仅能够在 -38°C 仍保持非常高的冲击功,同时还满足钢板室温和高温拉伸强度的要求,经检验,钢板在经过最大模拟焊后和最小模拟焊后热处理以后低温韧性和强度没有明显下降,完全满足了临氢钢的要求。

[0015] 为了实现上述目的,本发明采用优化的化学成分,尽量减小有害元素含量,控制 $P \leq 0.005\%$, $S \leq 0.003\%$, $As \leq 0.012\%$, $Sb \leq 0.003\%$, $Sn \leq 0.010\%$,确保以上元素在连铸、轧制或热处理过程中不发生严重偏析而导致晶界强度下降及降低低温韧性和强度。

[0016] 在冶炼阶段,通过LF精炼和RH真空脱气,使氢含量下降至1ppm以下,确保钢板具有较高的抗氢致开裂能力,尽量降低氢脆对钢板低温韧性的影响。转炉冶炼生产的连铸坯内部质量如中心偏析、中心疏松等缺陷得到遏制,有助于钢板获得优异的心部性能。

[0017] 本发明钢板的热处理采用淬火+回火的工艺,淬火后获得均匀无夹杂的均匀贝氏体组织,然后通过合理的回火处理使钢材在全厚度方向可以得到均匀的贝氏体回火组织和细小的碳化物,从而确保钢板的心部低温冲击韧性、室温拉伸及Z向性能优良。

[0018] 本发明制造的低碳高韧性钢板厚度可达 $100 \sim 110\text{mm}$,心部性能优异,尤其是 -38°C 低温冲击值120J以上,Z向性能优良,超过了标准对钢板Z向性能35%的最高要求,表明该钢材的致密性非常高,满足了对大厚度钢材心部性能的苛刻要求;钢板经过模拟焊后热处理

后,组织仍保持均匀,心部拉伸和心部冲击性能无明显波动,仍满足钢材性能要求。此外,相应的制备方法具有成本低、生产周期短的优点,便于推广应用。

具体实施方式

[0019] 以下结合实施例对本发明作进一步详细描述。

[0020] 实施例1

[0021] 本实施例的低碳高韧性特厚钢板的厚度为108mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.08%,Si:0.20%,Mn:0.45%,P:0.004%,S:0.002%,Ni:0.38%,Cr:1.10%,Cu:0.03%,Mo:0.55%,Sb:0.001%,Sn:0.001%,As:0.001%,H:0.00008%,O:0.0014%,N:0.0032%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

[0022] 该钢板的制造工艺为,按上述钢板成品的化学组分配置冶炼原料,(1)冶炼连铸:冶炼原料依次经KR铁水预处理,转炉冶炼:转炉出钢 $P \leq 0.008\%$,转炉出炉温度为1610~1650℃,扒渣处理;LF精炼:白渣保持时间不小于25min,总精炼时间不小于45min,钢水 $S \leq 0.003\%$ 时扒渣;RH真空脱气精炼:真空度 $\leq 0.5\text{mbar}$,真空保持时间在25min以上时破空;连铸:制造出满足化学成分要求、厚度为370mm的连铸坯,对连铸坯加罩缓冷72小时以上,加罩是为了进一步降低钢坯的H含量,缓冷结束后对连铸坯表面带温清理,确保连铸坯表面无裂纹等影响钢板表面质量的缺陷存在,清理温度保持在100℃以上。(2)加热轧制:连铸坯加热段温度为1200~1260℃,开轧温度为1020~1100℃,前3至5道次的单道次压下量40mm~65mm,轧制的总压缩比为 ≥ 3 ,终轧温度800~900℃;轧制完成后,钢板在表面温度400~500℃时下线,加罩堆缓冷,缓冷72小时以上,缓冷至室温,钢板轧后缓冷的目的是充分降低钢板中残留的H含量,减小H的危害。(3)热处理工序:对钢板进行淬火和回火热处理,淬火加热温度为930℃,淬火保温时间为2.0min/mm,出炉后用水快速冷却至200℃以下;回火加热温度为730℃,回火保温时间为3.5min/mm,出炉后在空气中冷却,获得钢板成品。

[0023] 经由上述制造工艺制得的108mm厚的低碳高韧性容器钢板具有非常高的低温冲击功且数值波动较小,钢板整板力学性能均匀,综合性能优异,其机械性能详见表1和表2。

[0024] 实施例2

[0025] 本实施例的低碳高韧性容器钢板的厚度为108mm,其化学成分按质量百分比计为:C:0.10%,Si:0.30%,Mn:0.50%,P:0.002%,S:0.001%,Ni:0.25%,Cr:0.9%,Cu:0.03%,Mo:0.60%,Sb:0.001%,Sn:0.001%,As:0.001%,H:0.00008%,O:0.0014%,N:0.003%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

[0026] 钢板的生产方法与实施例1的生产方法基本相同,但是检验样坯的状态存在差异,具体差异如下:

[0027] 为了模拟钢板焊接后消应力热处理过程,样坯从钢板上取下来后,首先在小炉子中按照675℃保温4小时,即最小模拟焊后热处理,然后再进行力学性能检验。

[0028] 实验证明:本发明的钢板具有非常高的低温冲击功且数值波动较小,屈服强度 $\geq 400\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 450\text{MPa}$ 。钢板整板力学性能均匀,与模拟焊后热处理之前相比,无明显降低,详见表1、表2。

[0029] 实施例3

[0030] 本实施例的低碳高韧性容器钢板的厚度为108mm,其化学成分按质量百分比计为:

C:0.11%,Si:0.20%,Mn:0.6%,P:0.004%,S:0.002%,Ni:0.32%,Cr:1.15%,Cu:0.03%,Mo:0.45%,Sb:0.001%,Sn:0.001%,As:0.001%,H:0.0001%,O:0.0012%,N:0.0032%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

[0031] 钢板是生产方法与实施例1的生产方法基本相同,但是检验样坯的状态存在差异,具体差异如下:

[0032] 为了模拟钢板焊接后消应力热处理过程,样坯从钢板上取下来后,首先在小炉子中按照675℃保温12小时,即最大模拟焊后热处理,然后再进行力学性能检验。

[0033] 实验证明:本发明的钢板具有非常高的低温冲击功且数值波动较小,屈服强度 $\geq 290\text{MPa}$,抗拉强度 $\geq 550\text{MPa}$ 。钢板整板力学性能均匀,与模拟焊后热处理之前相比,无明显降低,详见表1、表2。

[0034] 表1 各实施例所生产的钢板的机械性能

[0035]

实施例	板厚, mm	取样位置	试样方向	试样状态	屈服强度, MPa	抗拉强度, MPa	伸长率, %	面缩率, %	夏比冲击功			Z向性能, %	
									温度, °C	冲击功			
1	108	1/2板厚	横向	淬火+回火	468	576	32	79	-38	299	305	301	70
2	108	1/2板厚	横向	淬火+回火+最小模拟焊后	455	561	31	80	-38	303	295	294	72
3	108	1/2板厚	横向	淬火+回火+最大模拟焊后	449	553	31	82	-38	283	285	299	72

[0036] 表2 各实施例所生产的钢板的高温性能

[0037]

实施例	板厚, mm	取样位置	试样方向	试样状态	试验温度, °C	屈服强度, MPa
1	108	1/2板厚	横向	淬火+回火	455	308
2	108	1/2板厚	横向	淬火+回火+最小模拟焊后	455	301
3	108	1/2板厚	横向	淬火+回火+最大模拟焊后	455	290