



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 111041329 A

(43)申请公布日 2020.04.21

(21)申请号	201911356751.6	<i>G21D 8/02</i> (2006.01)
(22)申请日	2019.12.25	<i>G21D 9/00</i> (2006.01)
(71)申请人	舞阳钢铁有限责任公司	<i>G22C 38/02</i> (2006.01)
地址	462500 河南省平顶山市舞钢市湖滨大道西段	<i>G22C 38/04</i> (2006.01)
(72)发明人	庞辉勇 邓建军 李建朝 李杰 赵国昌 龙杰 王九清 张朋 罗应明 赵喜伟 王通	<i>G22C 38/06</i> (2006.01) <i>G22C 38/42</i> (2006.01) <i>G22C 38/44</i> (2006.01) <i>G22C 38/46</i> (2006.01) <i>G22C 38/48</i> (2006.01)
(74)专利代理机构	石家庄冀科专利商标事务所有限公司 13108	<i>G22C 38/50</i> (2006.01) <i>G22C 38/54</i> (2006.01)
代理人	曹淑敏	
(51)Int.Cl.	<i>G22C 33/04</i> (2006.01) <i>G21D 1/25</i> (2006.01) <i>G21D 6/00</i> (2006.01)	

权利要求书1页 说明书7页

(54)发明名称

一种海洋工程用高强高韧性钢板及其生产方法

(57)摘要

本发明公开了一种海洋工程用高强高韧性钢板,该钢板的各化学成分质量百分含量如下,C:0.09%~0.12%、Si:≤0.10%、Mn:0.80%~1.0%、P:≤0.010%、S:≤0.003%、Ni:1.5%~2.5%、Cr:0.50%~0.70%、Mo:0.50%~0.60%、Cu:0.20%~0.30%、V:0.040%~0.050%、Nb:0.01%~0.02%、Ti:0.01%~0.02%、TA1全铝:0.02%~0.04%、B:0.001%~0.002%。本发明采用转炉冶炼、精炼、抽真空、连铸、轧制、辊底式淬火线、辊底式回火炉调质处理工艺,制成高强度、高韧性的钢板。

1. 一种海洋工程用高强高韧性钢板,其特征在于,该钢板的各化学成分质量百分含量如下:C:0.09%~0.12%、Si: \leq 0.10%、Mn:0.80%~1.0%、P: \leq 0.010%、S: \leq 0.003%、Ni:1.5%~2.5%、Cr:0.50%~0.70%、Mo:0.50%~0.60%、Cu:0.20%~0.30%、V:0.040%~0.050%、Nb:0.01%~0.02%、Ti:0.01%~0.02%、Al全铝:0.02%~0.04%、B:0.001%~0.002%,余量为Fe和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的一种高强高韧性特厚钢板,其特征在于,所述钢板的厚度为50mm~100mm。

3. 根据权利要求1所述的一种高强高韧性特厚钢板,其特征在于:所述钢板的屈服强度不小于890MPa。

4. 一种权利要求1-3任一项所述的高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为:钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,钢水温度为 $1560\pm 10^{\circ}\text{C}$ 时转入VD炉进行真空脱气处理;

(2) 浇铸工艺:冶炼后的钢水进行连铸,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:将钢坯进行加热处理,1000 $^{\circ}\text{C}$ 以下时升温速度为100~120 $^{\circ}\text{C}/\text{h}$,加热至1220 $\pm 20^{\circ}\text{C}$ 时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾钢轧制工艺,I阶段轧制单道次压下量为10%~25%,累计压下率为60%~70%,晾钢厚度2t~2.5t;II阶段轧制单道次压下量为10%~27%,累计压下率为30%~40%,然后进行在线热矫直;

(5) 堆垛预处理工艺:轧后进行热堆垛处理,堆垛温度不低于400 $^{\circ}\text{C}$;

(6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式淬火机和辊底式回火炉进行调质处理,淬火工艺为,加热温度900 $\pm 5^{\circ}\text{C}$,保温时间PLC+20~30min,然后进行淬火冷却至室温;回火工艺为:加热温度580~600 $^{\circ}\text{C}$,总加热时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温。

5. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(1)中在精炼时喂入Al线。

6. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(1)中真空脱气处理的真空度为 $\leq 66.6\text{Pa}$,真空保持时间为 $\geq 15\sim 25\text{min}$ 。

7. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(2)中的浇铸温度为1530 $^{\circ}\text{C}$ ~1540 $^{\circ}\text{C}$,连铸得到连铸坯。

8. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(4)中I阶段轧制的开轧温度为1050 $^{\circ}\text{C}$ ~1130 $^{\circ}\text{C}$,II阶段轧制的开轧温度为850 $^{\circ}\text{C}$ ~900 $^{\circ}\text{C}$,终轧温度为830 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,轧后进行在线热矫直。

9. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(5)中对钢板进行了24 h堆垛缓冷处理。

10. 根据权利要求4所述的一种高强高韧性特厚钢板的生产方法,其特征在于,步骤(6)中对钢板的调质工艺在辊底式炉加热处理,采用辊底式淬火机淬冷,辊底式回火炉回火出炉后冷却方式为空冷至室温。

一种海洋工程用高强高韧性钢板及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明属于钢铁技术领域,具体涉及一种海洋工程用高强高韧性钢板及其生产方法。

背景技术

[0002] 近年来,随着国内外对海洋资源开发力度的不断加强,海洋工程机械用钢发展迅猛,市场对海洋平台用钢板的需求也越来越大,尤其是各国纷纷向深海钻探领域发展,用于制造深海自升式海洋平台桩腿、悬臂梁等构件,其大厚度、高强度、高韧性趋势显著。

[0003] 目前海洋平台悬臂梁,桩腿等构件主要以550MPa、690MPa级别钢为主,随着工作海域的不断加深,海洋平台也朝着大型化发展,所用钢板逐渐向高强度发展,另外所用强度越高,能够节省大量的钢材,节约能源,890MPa级钢板逐渐成为应用趋势。

发明内容

[0004] 本发明的目的在于提供一种海洋工程用高强高韧性钢板,且该钢板抗拉强度高、耐低温冲击韧性和焊接性能均良好。

[0005] 本发明的目的还在于提供一种海洋工程用高强高韧性钢板的生产方法。

[0006] 为了实现以上目的,本发明所采用的技术方案是:

一种海洋工程用高强高韧性钢板,该钢板的各化学成分质量百分含量如下:C:0.09%~0.12%、Si: \leq 0.10%、Mn:0.80%~1.0%、P: \leq 0.010%、S: \leq 0.003%、Ni:1.5%~2.5%、Cr:0.50%~0.70%、Mo:0.50%~0.60%、Cu:0.20%~0.30%、V:0.040%~0.050%、Nb:0.01%~0.02%、Ti:0.01%~0.02%、Al(全铝):0.02%~0.04%、B:0.001%~0.002%,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0007] 所述钢板的厚度为50mm~100mm。

[0008] 所述钢板的屈服强度不小于890MPa。

[0009] 一种海洋工程用高强高韧性钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:钢水先经电炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,钢水温度为 $1560\pm 10^{\circ}\text{C}$ 时转入VD炉进行真空脱气处理。

[0010] (2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇注温度为 $1530^{\circ}\text{C}\sim 1540^{\circ}\text{C}$,连铸得到连铸坯。

[0011] (3) 加热工艺:将钢坯进行加热处理, 1000°C 以下时升温速度为 $(100\sim 120)^{\circ}\text{C}/\text{h}$,加热至 $(1220\pm 20)^{\circ}\text{C}$ 时保温,总加热时间10min/cm。

[0012] (4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为 $1050^{\circ}\text{C}\sim 1130^{\circ}\text{C}$,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为60%~70%,晾钢厚度 $2t\sim 2.5t$ (注:t为成品钢板厚度,单位为mm);II阶段轧制温度为 $850^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为30%~40%,终轧温度 $(830\pm 10)^{\circ}\text{C}$,然后进行在线热矫直。

[0013] (5) 探伤预处理工艺:步骤(4)后所得粗制钢板,对钢板进行了24 h堆垛缓冷处理。

[0014] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式淬火机进行调质处理,淬火工艺

为,加热温度 $(900\pm 5)^{\circ}\text{C}$,保温时间 $\text{PLC}+(20\sim 30)\text{min}$,然后进行淬火冷却至室温;回火工艺为,辊底式回火炉回火,加热温度 $(580\sim 600)^{\circ}\text{C}$,总加热时间 $4.5\text{min}/\text{mm}$,出炉后空冷至室温。

[0015] 优选的,步骤(1)中在精炼时喂入Al线。

[0016] 优选的,步骤(1)中真空脱气处理的真空度为 $\leq 66.6\text{Pa}$,真空保持时间为 $\geq (15\sim 25)$ 分钟。

[0017] 优选的,步骤(2)中浇铸温度为 $1530^{\circ}\text{C}\sim 1540^{\circ}\text{C}$ 。

[0018] 优选的,步骤(4)中I阶段轧制的开轧温度为 $1080^{\circ}\text{C}\sim 1130^{\circ}\text{C}$,II阶段轧制的开轧温度为 $880^{\circ}\text{C}\sim 900^{\circ}\text{C}$,终轧温度为 $(830\pm 10)^{\circ}\text{C}$,轧后进行在线热矫直。

[0019] 优选的,步骤(5)中钢板进行了24 h堆垛缓冷处理。

[0020] 优选的,步骤(6)中钢板的调质在辊底式加热炉中处理,采用辊底式淬火机淬冷,回火出炉后冷却方式空冷至室温。

[0021] 本发明的室温是指 $0^{\circ}\text{C}\sim 40^{\circ}\text{C}$ 。(可以,随着季节的不同,厂房车间内的温度会有所变化,但不会低于 0°C ,也不会高于 40°C)

本发明高强高韧性钢板中各化学成分的作用及有益效果是:

C对钢的屈服、抗拉强度、焊接性能产生显著影响,碳通过间隙固溶可显著提高钢板强度,但碳含量过高时会影响钢的焊接性能及韧性;

Si在炼钢过程中作为还原剂和脱氧剂,同时Si能起到固溶强化作用,但会造成钢的韧性下降,降低钢的焊接性能;

Mn能增加钢的韧性、强度和硬度,提高钢的淬透性,改善钢的热加工性能,且价格低廉,可降低钢板的生产成本,但锰含量过高时会减弱钢的抗腐蚀能力,降低焊接性能;

P和S在一般情况下都是钢中的有害元素,会增加钢的脆性,P使钢的焊接性能变坏,降低塑性,使冷弯性能变坏,S降低钢的延展性和韧性,在锻造和轧制时会造成裂纹,因此应尽量减少P和S在钢中的含量;

Cr含量对钢板的强度、塑性和低温冲击韧性均有较大影响,这是由于Cr既能固溶于铁素体和奥氏体中,又能与钢中的C形成多种碳化物。Cr固溶于奥氏体时,可提高钢的淬透性,当Cr与C形成复杂碳化物,并在钢中弥散析出时,可起到弥散强化作用,由于Cr提高淬透性和固溶强化的作用,能提高钢在热处理状态下的强度和硬度,因而广泛应用于低合金结构钢中,但是Cr在钢中起到强化作用的同时亦使塑性有所降低,并增加回火脆性,因此可根据对强塑性的要求,确定合适的Cr含量;

Ni对钢板的强度和塑性均略有提高,但低温冲击韧性提高幅度较大,这是由于Ni在钢中只形成固溶体,而且固溶强化作用不明显,而主要是通过塑性变形时增加晶格滑移面来提高材料塑性,Ni还可提高合金钢的淬透性,并能改善钢在低温下的韧性,使韧脆转变温度下降,对于高强韧性特厚钢板,需加入一定的Ni来保证整个厚度截面性能的均匀性;

Mo对钢板强度、塑性和低温冲击韧性均有较大提高,这是由于Mo固溶于铁素体和奥氏体时,可使钢的C曲线右移,从而显著提高钢的淬透性,而且Mo能显著提高钢的再结晶温度,提高回火稳定性,调质后可获得细晶粒的索氏体,使强韧性得到改善,当形成Mo的碳化物时,可起到弥散强化作用,因此随Mo含量增加,强韧性得到提高;

Cu能够对钢板的塑性、韧性有较大的影响,能够提高钢板提高淬透性,另外加入少量的Cu能够细化晶粒。

[0022] V的加入是为了促进钢轧制态显微组织的晶粒细化,同时可提高强度和韧性,钒可在控轧过程中通过抑制奥氏体再结晶有效地细化显微组织,并在后续回火过程中析出强化基体;

Nb的加入能够显著提高钢的未再结晶温度,改善控制轧制效果细化晶粒,同时也具有析出强化作用。

[0023] Al是钢中常用的脱氧剂,钢中加入少量的Al,可细化晶粒,提高冲击韧性,Al还具有抗氧化性和抗腐蚀性能,铝能够固氮,从而提高酸溶硼的含量;

B 微量B的加入可以显著提高钢的淬透性,但过量的B容易产生脆性相导致韧性变差。

[0024] 本发明厚度为50mm-100mm的屈服强度890MPa级高强高韧性钢板的化学成分设计合理,C、Mn具有固溶强化作用,加入的少量的Nb、V可以细化晶粒,碳化物能起到弥散强化作用。加入Cr、Mo、B能提高淬透性,加入一定量的Ni,能够保证特厚钢板厚度截面组织性能的均匀性。

[0025] 本发明钢板的生产方法为转炉冶炼、精炼、抽真空、连铸的工艺路线,钢质纯净;钢板采用控制轧制工艺,有效细化了初始晶粒,生产的钢板有优良的综合性能,钢板的焊接性能优良,海洋平台工程、工程机械等方面应用前景广阔;采用辊底式炉加热的热处理工艺,具有稳定均匀性强的特点,使钢板整体性能趋于一致,厚度方向上性能差异小,所得到的钢板组织均匀、细化。本发明制得的成品钢板的厚度为50mm~100mm,成品钢板的力学性能良好,具有良好的组织、综合性能和焊接性能。

[0026] 本发明钢板厚度为50mm-100mm的屈服强度890MPa级高强高韧性钢板屈服强度高、延伸率好、Z向性能优良、耐低温冲击韧性和抗层状撕裂性能良好。钢板的钢质更纯净, $P \leq 0.010\%$, $S \leq 0.003\%$;低温冲击良好,厚度1/4位置-40℃和1/2位置-40℃的冲击功均在150J以上;屈服强度920MPa以上,抗拉强度970-1040MPa。

[0027] 本发明钢板钢质纯净,超声波探伤表明内部质量优良,其力学性能具有屈服强度高、耐低温冲击韧性能良好的特点,另外碳及碳当量低利于焊接,需要较低的焊接预热温度即可满足要求。

具体实施方式

[0028] 实施例1

本实施例高强高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为: C:0.09%、Si:0.08%、Mn:0.85%、P:0.009%、S:0.001%、Ni:1.50%、Cr:0.55%、Mo:0.56%、Cu:0.23%、V:0.046%、Nb:0.013%、Ti:0.015%、TA1:0.033%、B:0.001%,余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为50mm。

[0029] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.09%、Si:0.08%、Mn:0.85%、P:0.009%、S:0.003%、Ni:1.51%、Cr:0.55%、Mo:0.56%、V:0.046%、TA1:0.033%、Cu:0.23%、Nb:0.013%、Ti:0.015%、B:0.001%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1565℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为30Pa,真空保持时间为20分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1533℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为100℃/h,加热至1223℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1050℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为70%,晾钢厚度125mm;II阶段轧制温度为900℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为30%,终轧温度835℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度450℃,堆垛时间24h。

[0030] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式加热炉和辊底式淬火机进行调质处理,加热工艺温度900℃,保温时间PLC+20min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度600℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度925MPa,抗拉强度985MPa,厚度1/2位置-40℃冲击186 J,1/4位置-40℃冲击228 J,该钢板的强度和耐低温冲击韧性良好。

[0031] 实施例2

本实施例高强高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为:C:0.09%、Si:0.05%、Mn:0.80%、P:0.010%、S:0.002%、Ni:1.55%、Cr:0.50%、Mo:0.58%、Cu:0.25%、V:0.043%、Nb:0.010%、Ti:0.013%、Al:0.020%、B:0.0012%,余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为60mm。

[0032] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.09%、Si:0.05%、Mn:0.80%、P:0.010%、S:0.002%、Ni:1.55%、Cr:0.50%、Mo:0.58%、V:0.043%、Al:0.020%、Cu:0.25%、Nb:0.010%、Ti:0.013%、B:0.0012%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1550℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为25Pa,真空保持时间为22分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1540℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为110℃/h,加热至1231℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1070℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为65%,晾钢厚度140mm;II阶段轧制温度为880℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为35%,终轧温度832℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度470℃,堆垛时间24h。

[0033] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式加热炉和辊底式淬火机进行调质处理,加热工艺温度900℃,保温时间PLC+20min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度595℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度920MPa,抗拉强度998MPa,厚度1/2位置-40℃冲击198 J,1/4位置-40℃冲击236 J,该钢板的强度和耐低温冲击韧性良好。

[0034] 实施例3

本实施例的高强高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为:C:0.11%、Si:0.09%、Mn:0.88%、P:0.007%、S:0.001%、Ni:1.96%、Cr:0.60%、Mo:0.53%、Cu:0.25%、V:0.043%、Nb:0.015%、Ti:0.018%、Al:0.029%、B:0.0014%,余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为75mm。

[0035] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.11%、Si:0.09%、Mn:0.80%、P:0.007%、S:0.002%、Ni:1.96%、Cr:0.60%、Mo:0.53%、V:0.043%、Al:0.029%、Cu:0.25%、Nb:0.015%、Ti:0.018%、B:0.0014%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1563℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为20Pa,真空保持时间为15分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1534℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为105℃/h,加热至1210℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1080℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为60%,晾钢厚度160mm;II阶段轧制温度为895℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为40%,终轧温度830℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度420℃,堆垛时间24h。

[0036] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式炉和辊底式淬火机进行调质处理,加热工艺,工艺温度905℃,加热时间PLC+25min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度590℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度955MPa,抗拉强度1016MPa,厚度1/2位置-40℃冲击182 J,1/4位置-40℃冲击216 J,该钢板的强度和耐低温冲击韧性能良好。

[0037] 实施例4

本实施例的高强度高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为:C:0.10%、Si:0.07%、Mn:0.95%、P:0.006%、S:0.003%、Ni:2.10%、Cr:0.65%、Mo:0.50%、Cu:0.20%、V:0.040%、Nb:0.020%、Ti:0.010%、Al:0.040%、B:0.002%,余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为80mm。

[0038] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.10%、Si:0.07%、Mn:0.95%、P:0.006%、S:0.003%、Ni:2.10%、Cr:0.65%、Mo:0.50%、V:0.040%、Al:0.040%、Cu:0.20%、Nb:0.020%、Ti:0.010%、B:0.002%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1570℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为28Pa,真空保持时间为25分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1530℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为115℃/h,加热至1200℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1100℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为60%,晾钢厚度170mm;II阶段轧制温度为850℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为40%,终轧温度820℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度435℃,堆垛时间24h。

[0039] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式淬火机和辊底式回火炉进行调质处理,加热工艺,工艺温度895℃,加热时间PLC+25min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度590℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度965MPa,抗拉强度1030MPa,厚度1/2位置-40℃冲击171 J, 1/4位置-40℃冲击223J,该钢板的强度和耐低温冲击韧性能良好。

[0040] 实施例5

本实施例的高强度高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为: C:0.12%、Si:0.10%、Mn:1.0%、P:0.008%、S:0.002%、Ni:2.4%、Cr:0.68%、Mo:0.60%、Cu:0.30%、V:0.050%、Nb:0.017%、Ti:0.020%、Al:0.035%、B:0.0014%余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为100mm。

[0041] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.12%、Si:0.10%、Mn:1.0%、P:0.008%、S:0.002%、Ni:2.4%、Cr:0.68%、Mo:0.60%、V:0.050%、Al:0.035%、Cu:0.30%、Nb:0.017%、Ti:0.020%、B:0.0014%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1558℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为47Pa,真空保持时间为23分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1536℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为120℃/h,加热至1240℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1130℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为70%,晾钢厚度200mm;II阶段轧制温度为885℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为30%,终轧温度828℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度460℃,堆垛时间24h。

[0042] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式淬火机和辊底式回火炉进行调质处理,,加热工艺,工艺温度905℃,加热时间PLC+30min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度580℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度968MPa,抗拉强度1035MPa,厚度1/2位置-40℃冲击155 J, 1/4位置-40℃冲击198 J,该钢板的耐低温冲击韧性和强度性能良好。

[0043] 实施例6

本实施例的高强度高韧性钢板,该钢板的化学成分按质量百分含量为: C:0.12%、Si:0.10%、Mn:0.90%、P:0.007%、S:0.001%、Ni:2.5%、Cr:0.70%、Mo:0.59%、Cu:0.27%、V:0.049%、Nb:0.016%、Ti:0.018%、Al:0.032%、B:0.0011%余量为Fe和不可避免的杂质。钢板的厚度为100mm。

[0044] 该实施例钢板的生产方法,包括如下步骤:

(1) 冶炼工艺:将含有质量百分含量为C:0.12%、Si:0.10%、Mn:0.90%、P:0.007%、S:0.001%、Ni:2.5%、Cr:0.70%、Mo:0.59%、V:0.049%、Al:0.032%、Cu:0.27%、Nb:0.016%、Ti:0.018%、B:0.0011%成分的钢水先经转炉冶炼,之后送入LF精炼炉精炼,在精炼时喂入Al线,钢水温度为1562℃时转入VD炉进行真空脱气处理,真空脱气处理的真空度为66.6Pa,真空保持时间为22分钟;

(2) 浇铸工艺:将冶炼后的钢水浇铸,浇铸温度为1537℃,得到连铸坯;

(3) 加热工艺:以步骤(2)得到的钢坯进行加热处理,1000℃以下时升温速度为120℃/h,加热至1218℃时保温,总加热时间10min/cm;

(4) 轧制工艺:采用晾温轧制工艺,I阶段轧制温度为1130℃,单道次压下量为10%~25%,累计压下率为70%,晾钢厚度200mm;II阶段轧制温度为900℃,单道次压下量为10%~27%,累计压下率为30%,终轧温度840℃,轧后进行在线热矫直;

(5) 轧后进行堆垛处理,堆垛温度400℃,堆垛时间24h。

[0045] (6) 热处理工艺:对步骤(5)后所得钢板在辊底式淬火机和辊底式回火炉进行调质处理,加热工艺,工艺温度905℃,加热时间PLC+30min,水冷工艺:辊底式淬火机水冷淬火;回火工艺,加热温度580℃,保温时间4.5min/mm,出炉后空冷至室温;

本实施例的钢板的力学性能:屈服强度890MPa,抗拉强度1010MPa,厚度1/2位置-640℃冲击161 J, 1/4位置-40℃冲击186 J,该钢板的耐低温冲击韧性和强度性能良好。