



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111850414 A

(43) 申请公布日 2020.10.30

(21) 申请号 202010446045.7

C22C 38/06 (2006.01)

(22) 申请日 2020.05.22

C21D 8/02 (2006.01)

(71) 申请人 南京钢铁股份有限公司

地址 210035 江苏省南京市六合区卸甲甸

(72) 发明人 潘中德 李伟 吴俊平 冯勇

胡其龙 吴国平 张淼

(74) 专利代理机构 南京利丰知识产权代理事务  
所(特殊普通合伙) 32256

代理人 艾中兰 任立

(51) Int. Cl.

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/48 (2006.01)

C22C 38/58 (2006.01)

C22C 38/50 (2006.01)

权利要求书1页 说明书3页

(54) 发明名称

一种S460ML特厚钢板及其生产方法

(57) 摘要

本发明公开一种S460ML特厚钢板,采用低碳成分设计,加入较低的Nb微合金化,适量Cr元素提高钢的强度,适量Ni元素提高低温冲击韧性,采用连铸坯低压缩比的TMCP轧制工艺,利用宽厚板轧机的粗轧大压下、二阶段超低温控轧、轧后超快冷等技术,开发出一种120mm S460ML特厚钢板,钢板最大厚度120mm,性能达到EN10025-4标准要求,钢板低温冲击性能优异、特别是-50℃低温冲击功 $\geq 100\text{J}$ ,由于钢板 $\text{CEV} \leq 0.39\%$ , $\text{P}_{\text{cm}} \leq 0.18\%$ ,焊接性能更加优异,可实现钢板的经济、批量生产,满足海洋工程等复杂工况条件和环境下使用要求,综合力学性能指标达到国外同类水平。

1. 一种S460ML特厚钢板,其特征在于钢板厚度为120mm,钢板的化学成分按重量百分比计为:C 0.04-0.08%,Mn 1.45-1.65%,Si 0.15-0.25%, $P \leq 0.013\%$ , $S \leq 0.003\%$ ,Nb 0.020-0.035%,Cr 0.10-0.30%,Ti 0.01-0.02%,Ni 0.10-0.30%,Al t 0.020-0.050%,CEV $\leq 0.39\%$ , $P_{cm} \leq 0.18\%$ ,其余部分为Fe和杂质。

2. 如权利要求所述的S460ML特厚钢板,其特征在于钢板-50℃低温冲击功 $\geq 100J$ 。

3. 如权利要求1所述的S460ML特厚钢板的生产方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤(1)、炼钢工序:采用转炉深脱P、钢水 $P \leq 0.013\%$ ,LF深脱S、钢水 $S \leq 0.003\%$ ;采用动态轻压下、电磁搅拌,连铸坯中心偏析不超过C1.0级;

步骤(2)、加热工序:铸坯入加热炉加热,低温加热防止晶粒粗大,加热温度1120-1160℃,加热系数10.0-14.0min/cm;

步骤(3)、轧制工序:采用连铸坯低压缩比2阶段控轧,第一阶段粗轧轧制终了温度 $\geq 980^\circ C$ ,最后2道次压下率 $\geq 18\%$ ;第二阶精轧段超低温轧制,开轧温度 $\leq 750^\circ C$ ,终轧温度700-730℃;

步骤(4)、冷却工序:轧制后的钢板入超快冷系统进行快速冷却,120mm厚板返红温度400℃~480℃;然后进行堆垛缓冷,堆垛时间72小时及以上。

4. 如权利要求3所述的生产方法,其特征在于超快冷冷速为5~10℃/s。

5. 如权利要求3所述的生产方法,其特征在于连铸坯压缩比为2.67-3。

## 一种S460ML特厚钢板及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及冶金技术领域,具体涉及一种特厚钢板及其生产工艺。

### 背景技术

[0002] 海洋结构需经受海面台风、严寒冰冻、高盐雾等恶劣环境的考验,因此要求海洋结构用钢板不但具有高强度和高塑性,还应具备优异的低温韧性、良好的焊接性能等,特别是服役于水下的结构件如过渡段等需要满足 $-50^{\circ}\text{C}$ 更低温冲击,以保证钢材和设备能适应各种载荷和低温环境,满足海上各种复杂工况条件和恶劣自然环境下的使用要求。

[0003] S460ML是EN10025-4:2004标准《热机械轧制焊接细晶粒钢》中规定的强度级别最高、冲击要求最苛刻的钢种,且120mm是标准中的最大厚度,该标准要求热机械轧制状态交货,规定了热机械轧制焊接细晶粒钢的化学成分、力学性能等。与国标同级别Q460E( $-40^{\circ}\text{C}$ 冲击)钢板相比,S460ML钢种化学成分如C、Mn及Nb等合金元素添加要求更苛刻,要求满足 $-50^{\circ}\text{C}$ 低温冲击性能。

[0004] 申请号201710482286.5的专利申请公开了一种“热机械轧制型特厚易焊接S460M结构钢板及生产方法”,钢板最大生产厚度仅为110mm;成分设计C:0.06-0.08%,Si:0.25-0.50%,Ni:0.15-0.25%,Nb:0.060-0.070%,V:0.040-0.050%,该成分设计中含有V元素,Nb含量过高(超标准,EN10025标准要求 $\text{Nb}\leq 0.05\%$ ),实施例中Nb+V含量0.10-0.12%,合金成本高;另外Si含量较高,对钢板表面质量不利,特别是后续有涂层、防腐要求则有一定的影响。

[0005] 申请号201810819142.9的专利申请公开了“一种S460ML厚板及其制备方法”,钢板最大生产厚度仅为100mm;成分设计C:0.04-0.06%,Nb:0.020-0.035%,V:0.030-0.045%,Ni:0.10-0.20%,V元素容易导致聚集的碳化物在晶内析出,降低钢的韧性。

[0006] 现有的低温冲击国标Q460E或欧标S460ML级别钢板,正常成分设计采用包晶钢或相对低碳设计,较高的Nb+V等复合添加,合金成本相对较高;连铸坯的TMCP工艺一般生产厚度不超过110mm,不能满足海洋工程用大厚度钢板需求;更厚钢板采用正火热处理或调质热处理工艺生产,钢种设计成本高、生产供货周期长。

### 发明内容

[0007] 为了克服现有技术缺陷,本发明采用低碳( $\leq 0.08\%$ )成分设计,加入较低的Nb微合金化、适量Cr元素提高钢的强度,适量Ni元素提高低温冲击韧性,采用连铸坯低压缩比的TMCP轧制工艺,利用宽厚板轧机的粗轧大压下、二阶段超低温控轧轧后超快冷等技术,开发出一种120mm S460ML特厚钢板,钢板厚度120mm,性能达到EN10025-4标准要求,钢板低温冲击性能优异、特别是 $-50^{\circ}\text{C}$ 低温冲击功 $\geq 100\text{J}$ 。由于钢板 $\text{CEV}\leq 0.39\%$ , $\text{Pcm}\leq 0.18\%$ ,焊接性能更加优异,可实现钢板的经济、批量生产,满足海洋工程等复杂工况条件和环境下使用要求,综合力学性能指标达到国外同类水平。

[0008] 本发明的目的是通过以下技术方案来实现的:

一种S460ML特厚钢板,其特征在于钢板厚度为120mm,钢板的化学成分按重量百分比计为:C 0.04-0.08%,Mn 1.45-1.65%,Si 0.15-0.25%, $P \leq 0.013\%$ , $S \leq 0.003\%$ ,Nb 0.020-0.035%,Cr 0.10-0.30%,Ti 0.01-0.02%,Ni 0.10-0.30%,Al<sub>t</sub> 0.020-0.050%,CEV $\leq 0.39\%$ , $P_{cm} \leq 0.18\%$ ,其余部分为Fe和杂质。

[0009] 所述S460ML特厚钢板的生产方法,其特征在于包括如下步骤:

步骤(1)、炼钢工序:采用转炉深脱P、钢水 $P \leq 0.013\%$ ,LF深脱S、钢水 $S \leq 0.003\%$ ;采用动态轻压下、电磁搅拌,连铸坯中心偏析不超过C1.0级;

步骤(2)、加热工序:铸坯入加热炉加热,低温加热防止晶粒粗大,加热温度1120-1160℃,加热系数10.0-14.0min/cm;

步骤(3)、轧制工序:采用连铸坯低压缩比2阶段控轧,第一阶段粗轧轧制终了温度 $\geq 980\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,最后2道次压下率 $\geq 18\%$ ;第二阶精轧段超低温轧制,开轧温度 $\leq 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,终轧温度700-730℃;

步骤(4)、冷却工序:轧制后的钢板入超快冷系统进行快速冷却,120mm厚板返红温度400℃~480℃;然后进行堆垛缓冷,堆垛时间72小时及以上。

[0010] 优选地,超快冷冷速为5~10℃/s。

[0011] 优选地,连铸坯压缩比为2.67-3。

[0012] 本发明生产钢板最大厚度为120mm,钢板牌号S460ML,质量同时满足欧标 S420ML,国标Q460E、Q420E、Q390E等牌号,有借鉴作用。

[0013] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:

1、连铸坯低压缩比的TMCP轧制工艺,在轧制压缩比低于2.7倍的情况下,利用宽厚板轧机的粗轧大压下、二阶段超低温控轧、轧后超快冷等技术,开发出一种钢板最大厚度 120mm S460ML特厚钢板,钢板低温冲击性能优异、特别是-50℃低温冲击功 $\geq 100\text{ J}$ ,性能达到EN10025-4标准要求。

[0014] 2、采用低碳( $\leq 0.08\%$ )、成分设计,加入较低的Nb微合金化,适量Cr元素提高钢的强度,适量Ni元素提高低温冲击韧性,由于钢板CEV $\leq 0.39\%$ , $P_{cm} \leq 0.18\%$ ,较正火热处理、调质热处理工艺生产的厚板,焊接性能更加优异。

[0015] 3、一般100mm以厚板均需要热处理,本发明采用低碳、Nb+Cr、不加V的组分设计,采用二阶段超低温控轧,轧制即得到合格钢板,不需要再经过热处理工序,提高了生产效率。

[0016] 随着对海洋资源的开发不断向深海迈进,海上风电、海上平台、海洋工程等用钢的需求量不断扩大,而EN10025标准为热机械轧制焊接细晶粒钢,-20℃至-50℃系列低温冲击韧性、焊接性能等较好,市场需求量很大,经济效益好,预计吨钢毛利1000元/吨以上。

## 具体实施方式

[0017] 以下结合具体实施例对本发明方法进一步详细描述。

[0018] 实施例1

S460ML钢板厚度为120mm,采用下述成分配比,成分含量(wt)为:C 0.05%、Si 0.23%、Mn 1.62%、P 0.010%、S 0.002%、Al<sub>t</sub> 0.031%、Nb 0.029%、Cr 0.26%、Ti 0.013%、Ni 0.19%、CEV 0.39%、 $P_{cm}$  0.16%,其余为Fe和杂质。

[0019] 本钢板的生产方法如下:

(1)、炼钢工序:转炉冶炼、钢水P 0.010%,LF+RH精炼、钢水S 0.002%;连铸动态轻压下、电磁搅拌技术,320mm连铸坯中心偏析C1.0级。

[0020] (2)、加热工序:钢坯的加热温度1139℃,加热系数10.9min/cm。

[0021] (3)、轧制工序:采用2阶段控轧工艺,第一阶段粗轧轧制终了温度984℃,最后2道次压下率20.5%、18.7%;第二阶段精轧开轧温度为737℃,终轧温度为725℃。

[0022] (4)、冷却工艺:经轧制后的钢板在超快速冷却装置进行在线冷却,冷速为5~10℃/s,返红温度为436℃;轧后及时堆垛缓冷,堆垛时间81小时。

[0023] 本120mm规格S460ML钢板轧制压缩比仅为2.67倍,力学性能为:屈服强度 420MPa,抗拉强度539MPa,断后伸长率28%,-50℃冲击功Ak<sub>v</sub>:296、285、300J。

[0024] 实施例2:

S460ML钢板厚度为120mm,采用下述成分配比以及生产方法。成分含量为(wt):C 0.07%、Si 0.19%、Mn 1.49%、P 0.008%、S 0.001%、Al<sub>t</sub> 0.034%、Nb 0.033%、Cr 0.21%、Ti 0.015%、Ni 0.25%、CEV 0.38%、P<sub>cm</sub> 0.17%,其余为Fe和杂质。

[0025] 本钢板的生产方法如下:

(1)、炼钢工序:转炉冶炼、钢水P 0.008%,LF+RH精炼、钢水S 0.001%;连铸动态轻压下、电磁搅拌技术,320mm连铸坯中心偏析C 0.5级。

[0026] (2)、加热工序:钢坯的加热温度1151℃,加热系数11.2min/cm。

[0027] (3)、轧制工序:采用2阶段控轧工艺,第一阶段粗轧轧制终了温度993℃,最后2道次压下率20.2%、18.3%;第二阶段开轧温度为746℃,终轧温度为728℃。

[0028] (4)、冷却工序:经轧制后的钢板在超快速冷却装置进行在线冷却,冷速为5~10℃/s,返红温度为469℃;轧后及时堆垛缓冷,堆垛时间78小时。

[0029] 本120mm规格S460ML钢板轧制压缩比仅为2.67倍,力学性能为:屈服强度 428MPa,抗拉强度542MPa,断后伸长率26.5%,-50℃冲击功Ak<sub>v</sub>:226、155、187J。