



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111534747 B

(45) 授权公告日 2021.10.22

(21) 申请号 202010364091.2

C21D 8/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.04.30

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101994064 A, 2011.03.30

申请公布号 CN 111534747 A

CN 107557678 A, 2018.01.09

CN 103305770 B, 2015.12.09

(43) 申请公布日 2020.08.14

CN 108994268 A, 2018.12.14

(73) 专利权人 鞍钢股份有限公司

CN 104419878 A, 2015.03.18

地址 114021 辽宁省鞍山市铁西区鞍钢厂区内

CN 108251737 A, 2018.07.06

JP 2018024905 A, 2018.02.15

(72) 发明人 刘志伟 李江委 张瑞琦 孙傲

CN 107868911 A, 2018.04.03

郭晓宏 王杰 徐立家 乔磊

CN 101082102 A, 2007.12.05

高磊 吴成举

EP 2612724 B1, 2020.02.26

CN 106282831 A, 2017.01.04

(51) Int. Cl.

林勤,等. 稀土改善09CuPTiRE耐候钢耐腐蚀性的作用机理.《稀土》.2003,第29卷(第5期),第26-28页.

C22C 38/02 (2006.01)

C22C 38/04 (2006.01)

C22C 38/06 (2006.01)

C22C 38/20 (2006.01)

C22C 38/28 (2006.01)

审查员 吴滢帮

权利要求书1页 说明书6页

(54) 发明名称

宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法

(57) 摘要

本发明公开宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法。钢中含有C 0.050%~0.068%, Si 0.63%~0.71%, Mn 0.41%~0.50%, P 0.071%~0.081%, S≤0.006%、Al≤0.040%, Cr 0.21%~0.30%, Cu 0.11%~0.19%, Ti 0.040%~0.055%, RE 0.015%~0.030%, N≤0.004%, 余量为铁和不可避免的杂质。均热段出口温度为1281~1300℃, 保温时间25~39min, 总在炉时间不大于175min; 粗轧出口温度为1100℃以上, 精轧开轧温度为1084~1097℃, 精轧终轧温度为923~948℃, 以35~45℃/s的冷却速率冷却到651~670℃卷取。成品钢板屈服强度≥550MPa, 开平后平直度≤3mm/m。

CN 111534747 B

1. 一种宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢,其特征在于,钢中化学成分按质量百分比为:C 0.050%~0.068%,Si 0.63%~0.71%,Mn 0.41%~0.50%,P 0.071%~0.081%, $S \leq 0.006\%$ 、 $Al \leq 0.040\%$,Cr 0.21%~0.30%,Cu 0.11%~0.19%,Ti 0.040%~0.055%,RE 0.015%~0.030%, $N \leq 0.004\%$,余量为铁和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的一种宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢,其特征在于,成品钢板宽度为1350~1500mm,屈服强度 $\geq 550\text{MPa}$,延伸率 $\geq 20\%$,通卷屈服强度差在50MPa以内,钢带开平后平直度 $\leq 3\text{mm/m}$ 。

3. 一种如权利要求1或2所述的宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢的制造方法,钢板的生产工艺为:冶炼连铸、铸坯再加热、轧制、卷取、平整,其特征在于:

(1) 冶炼连铸

采用铁水预脱硫,转炉顶底复合吹炼,LF炉外精炼,采用喂丝法将稀土丝在结晶器水口一次穿过保护渣均匀地加入钢液内;

(2) 铸坯再加热

铸坯热送热装后进行再加热,控制铸坯均热段出口温度为1281~1300℃,控制加热炉的气氛为还原气氛,均热段保温时间25~39min,总在炉时间 $\leq 175\text{min}$;

(3) 轧制

采用两阶段控制轧制,粗轧每道次均进行除鳞,粗轧出口温度为1100℃以上,精轧开轧温度为1084~1097℃,精轧终轧温度为923~948℃,轧制过程中采用微中浪控制;

(4) 卷取

精轧之后进行层流冷却,以35~45℃/s的冷却速率冷却到651~670℃卷取,距头部20m和尾部20m冷却到671~690℃,然后空冷到室温,层流冷却采用前段集中冷却,上、下水量比为1:3~1:2;

(5) 平整

采用大轧制力方案进行平整,平整力5000~6000kN,弯辊力20~30kN。

宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于集装箱用钢领域,涉及一种具有良好平直度的宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢。

背景技术

[0002] 传统20英尺和40英尺普通集装箱采用的是屈服强度为345MPa级的SPA-H,材料强度低,消耗量大。在集装箱制造领域,我国目前正逐步推广应用450~700MPa级的高强度钢板。与普通标准集装箱用钢相比,采用高强度钢板可减重15%~40%,可大量节约运输成本。集装箱由于其特殊的用途,对钢材的材质要求较高,除了必须具有较好的耐大气腐蚀性能,有很高的强塑性,而且钢带开平后的平直度要好,尤其是对于强度级别较高、宽度较宽的钢板,如果平直度不好,严重影响集装箱的生产制造。

[0003] 本发明之前,公开号为CN101994064A的“一种屈服强度为550MPa级的耐候钢及其制造方法”发明专利,它通过中等含量合金元素Cr的加入使得钢种具有优良的耐大气腐蚀性能,相对于传统耐候钢,耐大气腐蚀性能提高了一倍以上。但是其Cr含量为2.5%~7.0%,冶炼难度较大,不易生产。

[0004] 公开号为CN107557678A的“低成本550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法”发明专利,仍含有贵重金属Ni,成本相对依然较高。

[0005] 公开号为CN103305770B的“一种薄带连铸550MPa级高强耐大气腐蚀钢带的制造方法”,基于薄带连铸连轧生产线,不适用于常规产线生产,同时还有Ni、Nb、V和Mo等贵重金属,成本较高。

[0006] 公开号为CN108994268A的“一种550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法”发明专利,虽然没有添加贵重金属Ni,但是添加了较多的耐腐蚀元素Cr,同时并没有提及关于如何控制宽幅钢板平直度的技术方案。

[0007] 上述发明专利主要针对产品的力学性能以及应用性能,对于宽幅高强度钢带开平后的平直度控制涉及较少,实际上采用常规流程工艺生产宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢时,存在带钢开平后船型翘曲的问题,严重影响用户使用,很多企业不得不采用轧后进缓冷坑缓冷等措施,大大影响了其生产效率。因此,如何获得低成本宽幅550MPa级热轧集装箱耐候钢及良好的平直度控制是本领域亟待解决的技术难点之一。

发明内容

[0008] 本发明在于克服现有技术存在的550MPa级热轧集装箱用耐候带钢成本高及开平后翘曲导致用户无法正常使用的不足,提供一种宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢及其制造方法,以解决现有技术中存在的上述问题。钢板不仅成本低廉,而且具有良好的耐大气腐蚀性能、高强度、优异的成型性能,除此之外,钢板还具有较好的平直度,适合于轻量化集装箱的制造。

[0009] 针对目前宽幅550MPa级集装箱用钢生产过程中存在的船型翘曲突出技术问题,特

提出本发明的技术方案。本发明提出一种宽幅550MPa级集装箱用耐候钢及其制造方法,化学成分按质量百分比计算,含有C 0.050%~0.068%,Si 0.63%~0.71%,Mn 0.41%~0.50%,P 0.071%~0.081%,S \leq 0.006%、Al \leq 0.040%,Cr 0.21%~0.30%,Cu 0.11%~0.19%,Ti 0.040%~0.055%,RE 0.015%~0.030%,N \leq 0.004%,余量为Fe以及不可避免的杂质。

[0010] 本发明所以选择以上合金元素种类及其含量是因为:

[0011] C是钢中主要的强化元素,能够显著提高钢的强度,是主要的间隙固溶强化元素,可以与Ti形成细小的碳化物TiC,起到沉淀强化作用。但较多的C对钢板焊接、韧性及塑性不利。本发明中限定C的含量在0.050%~0.068%。

[0012] Si是炼钢脱氧的必要元素,当添加到一定含量时具有固溶强化的作用。与Cu、Cr等元素配合使用可有利于细化 α -Fe₃O₄,从而降低钢整体的腐蚀速率。同时,还能增加钢的强度和耐磨性。高Si、高P协同使用能显著增加1200℃及以上温度加热的氧化性,增加铁皮与钢基体的界面面积及不平度,从而加快铜扩散。本发明控制其范围在0.63%~0.70%。

[0013] Mn在钢中的主要作用是固溶强化,提高铁素体的强度,起到调整钢板强度的作用。能显著降低奥氏体向铁素体转变的相变温度,细化钢的显微组织,是重要的强韧化元素,但Mn含量过多会使淬透性增大,从而导致可焊性和焊接热影响区韧性恶化,同时考虑成本因素,本发明将其含量控制在0.41%~0.50%。

[0014] P是对强度升高有效且对耐候性提高有益的元素,但对于屈服强度较高的钢板制造,可能会引起铸坯脆化,焊接性能和成型性能也会恶化。本发明采用复合添加高Si、高P而有效抑制不添加Ni的耐候钢易发生龟裂的问题,同时添加RE元素,有效抑制P元素在晶界的偏聚,从而改善钢板的塑韧性。本发明P的含量控制在0.071%~0.081%。

[0015] S为钢中杂质元素,显著降低塑韧性和焊接性能,控制较低的S有利于提高性能。本发明钢中控制S \leq 0.006%。

[0016] Al是钢中的主要脱氧元素,并且添加适当的Al可以细化晶粒,改善钢的性能。本发明限定其含量范围为Al \leq 0.040%。

[0017] Cr在钢的表面形成致密的氧化膜,提高钢的钝化能力。当与Cu同时加入钢中,耐腐蚀效果尤为明显。此外,Cr元素能显著提高钢的强度、硬度和耐磨性。本发明限定其含量范围为0.21%~0.30%。

[0018] Cu是耐大气腐蚀钢中对提高耐大气腐蚀性能最主要的,起着活性阴极的作用,在一定条件下可以促进钢产生阳极钝化,从而降低钢的腐蚀速度。本发明限定其含量范围为0.11%~0.19%。

[0019] Ti是强碳氮化物形成元素,在本发明中是重要的微合金强化元素,不但可以有效细化晶粒外,而且能与C和N形成细小的碳化物和氮化物或碳氮化物,尤其是在卷取及缓冷过程中析出的纳米级的TiC具有很高的沉淀强化作用,可大幅度地提高钢板的强度。本发明限定其范围为0.040%~0.055%。

[0020] RE不仅能够提高钢板耐腐蚀性,而且可以净化钢液和细化钢的凝固组织,改变夹杂物的性质、形态和分布,从而提高钢的各项性能。当RE达到一定的加入量时,其在钢中有一定的固溶量,它在晶界的聚集能抑制磷硫及低熔点杂质在晶界的偏析或与这些杂质形成熔点较高的化合物,消除低熔点杂质的有害作用。另外,RE能够强化晶界,阻碍晶间裂纹的

形成和扩展,有利于改善塑性,能够细化晶粒和抑制高温晶粒长大,同时可以细化沉淀相尺寸并促进铁素体中TiC的析出。本发明限定其范围为0.015%~0.030%。

[0021] N是冶炼过程中存在的元素,由于本发明的特点之一是采用Ti微合金化技术,而Ti是活性很强的元素,将与钢中O、N、S等元素反应,如果N含量过高的话,会在钢水中析出尺寸粗大的TiN,既不能阻止奥氏体晶粒长大,也起不到沉淀强化作用,相反会降低Ti的细化晶粒和沉淀强化作用。因此本发明中控制 $N \leq 0.004\%$ 。

[0022] 本发明还提供一种宽幅550MPa级热轧集装箱用耐候钢的制造方法,所述制造方法包括冶炼连铸、铸坯再加热、轧制、卷取、平整,其特征在于:

[0023] 1、冶炼连铸工艺

[0024] 按照上述成分冶炼,采用铁水预脱硫,转炉顶底复合吹炼,LF炉外精炼,采用喂丝法将稀土丝在结晶器水口一次穿过保护渣均匀地加入钢液内。

[0025] 2、铸坯加热

[0026] 所述铸坯热送热装后进行再加热,控制铸坯均热段出口温度为1281~1300℃,控制加热炉的气氛为还原气氛,采用高温快烧工艺。均热段保温时间25~39min,总在炉时间不大于175min。

[0027] 3、轧制

[0028] 所述控制轧制步骤中,采用两阶段控制轧制。所述粗轧每道次均进行除鳞,粗轧出口温度为1100℃以上。所述精轧开轧温度为1084~1097℃,精轧终轧温度为923~948℃。轧制过程中采用微中浪控制。

[0029] 4、卷取

[0030] 精轧之后进行层流冷却,以35~45℃/s的冷却速率冷却到651~670℃卷取,距头部20m和尾部20m却到671~690℃,然后空冷到室温。层流冷却采用前段集中冷却,上、下水量比为1:3~1:2。

[0031] 5、平整

[0032] 对于宽幅高强度钢板来说,由于采用密集冷却技术,容易导致带钢表面冷却速率不均,进而产生残余应力而造成钢卷开平后出现船型翘曲的问题,为了保证钢板平直度满足要求,本发明除了轧制过程中采用微中浪控制,合理配比集管上、下水量比外,还采用了大轧制力方案进行平整,平整力5000~6000KN,弯辊力20~30KN。

[0033] 控制各个制造步骤的理由如下:

[0034] 铸坯均热温度控制在1281~1300℃,一方面保证钢坯充分奥氏体化,并保证钢坯成分均匀化;另一方面,通过控制加热炉的气氛为还原气氛,高温快烧和缩短加热时间,抑制钢坯加热过程中产生的Cu脆。

[0035] 精轧开轧温度限定在1084~1097℃,易于轧制,减少轧机负荷,防止中间坯头尾温差过大而导致下一步工序的正常进行。

[0036] 精轧阶段采取高温轧制,为了控制第二相粒子形变诱导析出,从而保留更多的有效Ti在卷取后析出。因此,终轧温度控制在923~948℃。

[0037] 由于TiC的析出动力学规律决定了其存在最佳的析出温度范围,为了保证析出物充分地析出,从而获得尺寸更为细小的第二相粒子,同时卷取温度过低不利于板型控制。因此,卷取温度控制651~670℃。为了保持整卷性能的均匀性,采用U型冷却方式,头部20m和

尾部20m冷却到671~690℃,然后空冷到室温。同时对于本发明宽幅钢板来说,温度过低不利于板型控制,也容易发生扁卷现象。层流冷却采用前段集中冷却,上、下水量比为1:3~1:2。轧制过程中采用微中浪控制。上述方案均是为了宽幅带钢开平后获取良好平直度的前提条件。

[0038] 冷却速度控制在35~45℃/s。一是控制晶粒度大小;二是抑制在冷却过程中TiC的提前析出,保留更多的有效Ti在卷取过程中形成,这样形成的粒子尺寸更为细小,可达5~8nm左右,具有很好的析出强化效果。同时,冷却速度过快,不利于板型控制。

[0039] 平整的目的是为了保证带钢板型,减轻边浪和中间浪等浪型的不良缺陷。而本发明公开的是一种基于宽幅高强度热轧耐候钢板的制造方法,常规平整工艺无法获得所要求的平直度要求。本发明通过关键轧制温度参数的合理选择,以及水量、冷却速度等参数的综合优化组合,并采用5000~6000KN的轧制力,获得平直度小于3mm/m的良好效果。

[0040] 有益效果:

[0041] 本发明同现有技术相比,有益效果如下:

[0042] (1) 本发明采用高Si、高P辅以耐腐蚀元素Cr、Cu、RE以及微合金元素Ti,不添加Ni、Mo、Nb等贵重金属。铜、硅、磷和稀土元素在钢的腐蚀过程中能在内锈层中富集,并产生铜、硅、磷的胶体性复合物,使内锈层更致密,使钢板的耐腐蚀性能更优良。

[0043] (2) 生产的宽幅550MPa级集装箱用耐候钢,厚度规格为2.0~4.0mm,宽度规格为1350~1500mm。屈服强度能够达到550MPa以上,抗拉强度不小于650MPa,延伸率不小于20%,通卷屈服强度差在50MPa以内,钢带开平后平直度不大于3mm/m,同时具有良好的耐腐蚀性能和冷成型性能。

[0044] (3) 所发明钢组织为超细晶粒铁素体+碳化物,晶粒度达11.5级以上,同时在卷取后获得了大量尺寸在5~8nm的TiC第二相粒子。

[0045] (4) 本发明钢的腐蚀率明显低于对比钢的腐蚀率,钢板成本低廉,不需要进缓冷罩进行缓冷,易于组织生产,下游用户使用时无需进行平整或矫直,减少了最终用户的生产成本,提高了生产效率。

具体实施方式

[0046] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,而并非对本发明的限制,其目的在于让熟悉此项技术的人士能够了解本发明的内容并据以实施。凡根据本发明精神实质所作的等效变化或修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

[0047] 表1中列出了实施例钢的化学成分,表2列出了实施例钢铸坯的加热参数,表3列出了实施例钢的轧制工艺参数,表4列出了实施例钢的力学性能,表5给出了实施例钢的耐大气腐蚀性能。

[0048] 具有表1化学成分的实施例钢是通过以下过程制造的:采用转炉冶炼,然后进行炉外精炼,浇铸后得到连铸坯。将连铸坯热送至热轧生产线,铸坯均热出口温度1281~1300℃,粗轧出口温度1100℃以上,精轧开轧温度1084~1097℃,精轧终轧温度923~948℃,轧后采用层流冷却,冷却速度为35~45℃/s,卷取温度651~670℃,卷取后空冷到室温,之后进行平整。

[0049] 表1实施例钢的化学成分,wt%

[0050]

实施例	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	Cu	Ti	RE	N
A1	0.061	0.64	0.42	0.071	0.005	0.031	0.21	0.11	0.053	0.028	0.0038
A2	0.052	0.63	0.48	0.079	0.004	0.030	0.28	0.17	0.042	0.017	0.0033
A3	0.058	0.65	0.43	0.073	0.003	0.034	0.23	0.13	0.046	0.023	0.0034
A4	0.056	0.66	0.47	0.076	0.005	0.035	0.27	0.18	0.044	0.021	0.0035
A5	0.054	0.69	0.45	0.075	0.004	0.033	0.25	0.15	0.047	0.019	0.0037
A6	0.060	0.68	0.44	0.074	0.003	0.032	0.26	0.16	0.049	0.024	0.0039
A7	0.050	0.67	0.46	0.078	0.005	0.031	0.24	0.12	0.051	0.026	0.0032
A8	0.065	0.70	0.41	0.072	0.004	0.030	0.22	0.14	0.040	0.015	0.0036
A9	0.068	0.71	0.50	0.081	0.003	0.034	0.30	0.19	0.055	0.030	0.0031

[0051]

表2实施例钢铸坯的加热参数

[0052]

实施例	铸坯均热段出口温度/°C	均热段保温时间/min	总在炉时间/min
A1	1281	25	170
A2	1297	34	165
A3	1285	31	171
A4	1293	33	173
A5	1289	35	164
A6	1291	28	162
A7	1287	37	168
A8	1283	36	169
A9	1300	39	175

[0053]

表3实施例钢的轧制工艺参数

实施例	粗轧出口温度/°C	精轧开轧温度/°C	终轧温度/°C	卷取温度/°C	冷却速度/(°C·s ⁻¹)	上下水量比	平整力/KN	弯辊力/KN
A1	1114	1095	923	651	35	1:3	5000	20
A2	1115	1085	945	667	44	1:2	5700	25
A3	1113	1093	927	656	37	1:3	5200	20
A4	1112	1089	935	664	43	1:2	5500	25
A5	1117	1090	930	661	41	1:3	5300	25
A6	1120	1091	939	663	42	1:3	5100	20
A7	1119	1087	941	658	38	1:2	5900	30
A8	1116	1084	925	654	36	1:2	5800	30
A9	1127	1097	948	670	45	1:3	6000	30

[0054]

[0055]

表4实施例钢的力学性能

实施例	屈服强度/MPa	抗拉强度/ MPa	延伸率/%	弯曲 d=1.5a, $\alpha=180^\circ$	成品厚度 /mm	平直度 mm/m
A1	621	698	22.5	合格	2.0	2.81
A2	618	692	24.5	合格	2.0	2.93
A3	613	683	25.0	合格	2.0	2.89
A4	593	675	26.0	合格	2.2	2.92
A5	591	672	23.0	合格	2.2	2.94
A6	582	671	24.5	合格	2.5	2.95
A7	578	668	23.5	合格	4.0	2.98
A8	573	662	25.5	合格	4.0	2.92
A9	571	658	24.0	合格	4.0	2.90

[0057] 从表4中可以看出,本发明实施例钢的屈服强度均大于550MPa,抗拉强度均大于650MPa,延伸率均大于20%,冷弯性能均合格。

[0058] 表5本发明实施例钢的耐大气腐蚀性能 ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$)

实施例	72h周期浸润腐蚀试验
A7	1.0328
A8	1.0624
A9	1.0469
比较钢1 (SPA-H)	1.6421
比较钢2 (Q345B)	3.7270

[0060] 注:A1~A6由于钢板厚度 $<4.0\text{mm}$,因此不能进行72h周期浸润腐蚀试验。

[0061] 依据TB/T 2375-1993,进行72小时周期浸润腐蚀试验。表5中比较钢为SPA-H和Q345B。从表5中可以看出,本发明实施例钢A7、A8和A9的耐候性明显优于Q345B和SPA-H,能够有效地保证钢板厚度减薄时的使用寿命。