



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111069284 B

(45) 授权公告日 2021. 04. 02

(21) 申请号 202010008928.X

C22C 38/48 (2006.01)

(22) 申请日 2020.01.03

C22C 38/46 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

C22C 38/44 (2006.01)

申请公布号 CN 111069284 A

C22C 38/42 (2006.01)

(43) 申请公布日 2020.04.28

C22C 38/06 (2006.01)

(73) 专利权人 广东韶钢松山股份有限公司

C22C 38/04 (2006.01)

地址 512100 广东省韶关市曲江区马坝

C22C 38/02 (2006.01)

(72) 发明人 高旭辉 黄远坚 张祖江 张唤唤

(56) 对比文件

易承钧 李伟锋 彭海京 王冠

CN 110129652 A, 2019.08.16

保成刚 沈建明 王鑫 罗新中

CN 103045939 A, 2013.04.17

廖卫团 杨太阳 周中喜

CN 102392186 A, 2012.03.28

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇专利代理事务

CN 106544597 A, 2017.03.29

所(特殊普通合伙) 11463

CN 106011633 A, 2016.10.12

代理人 唐菲

CN 103451520 A, 2013.12.18

(51) Int.Cl.

CN 101812635 A, 2010.08.25

B21B 1/22 (2006.01)

CN 102899569 A, 2013.01.30

C22C 38/50 (2006.01)

CN 104018064 A, 2014.09.03

审查员 张燕

权利要求书2页 说明书12页

(54) 发明名称

一种钢板的轧制工艺以及钢板

(57) 摘要

一种钢板的轧制工艺以及钢板,属于钢铁技术领域。钢板的轧制工艺包括:对加热后的铸坯进行粗轧、精轧然后进行冷却;其中,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯、板宽 $>2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯以及板宽 $>2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量范围均不同;其中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯、板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯、板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯以及板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧开轧温度范围均不同,并且,不同板长的精轧开轧温度范围不同;其中,板厚不同的铸坯的冷却速率范围不同。其能够改善现有的Q355B钢板开裂的情况。

CN 111069284 B

1. 一种钢板的轧制工艺,其特征在于,包括:

对加热后的铸坯进行粗轧、精轧然后进行冷却;

其中,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 27\text{mm}$;板宽 $> 2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 23\text{mm}$;板宽 $> 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 22\text{mm}$;

其中,板厚 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度 $\pm 25^\circ\text{C}$,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 970°C ,板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 950°C ,板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 930°C ,板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 920°C ;并且,板长 $\leq 30\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度在低于预设温度 25°C 至等于预设温度的范围内,板长 $> 30\text{m}$ 且 $\leq 45\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度 $\pm 10^\circ\text{C}$,板长 $> 45\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度在等于预设温度至高于预设温度 25°C 的范围内;

其中,所述板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $10\sim 20^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $9\sim 18^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $8\sim 16^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $7\sim 15^\circ\text{C}/\text{s}$;

所述板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $620\sim 680^\circ\text{C}$,所述板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $610\sim 670^\circ\text{C}$,所述板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $615\sim 665^\circ\text{C}$ 。

2. 根据权利要求1所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $730\sim 790^\circ\text{C}$;所述板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $740\sim 800^\circ\text{C}$;所述板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $770\sim 820^\circ\text{C}$ 。

3. 根据权利要求1所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $820\sim 860^\circ\text{C}$,所述板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $740\sim 820^\circ\text{C}$;所述板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $760\sim 820^\circ\text{C}$;所述板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $770\sim 830^\circ\text{C}$ 。

4. 根据权利要求1-3任一项所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述板宽 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的精轧道次压下率 $\geq 8\%$;所述板宽 $> 2600\text{mm}$ 的精轧道次压下率 $\geq 7\%$;铸坯的精轧道次除开了最后2道精轧。

5. 根据权利要求1-3任一项所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述铸坯的粗轧开轧温度为 $1050\sim 1110^\circ\text{C}$ 。

6. 根据权利要求1-3任一项所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $10\sim 16^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $9\sim 14^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $8\sim 12^\circ\text{C}/\text{s}$;所述板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $7\sim 10^\circ\text{C}/\text{s}$ 。

7. 根据权利要求1-3任一项所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,按质量百分数计,所述钢板的成分为:C: $0.14\sim 0.18\%$, Si: $0.15\sim 0.40\%$, Mn: $1.40\sim 1.60\%$, Al: $0.018\sim 0.040\%$, P: $\leq 0.020\%$, S: $\leq 0.005\%$, Nb: $\leq 0.020\%$, V: $\leq 0.030\%$, Cu: $\leq 0.30\%$, Ni: $\leq 0.30\%$, Cr: $\leq 0.30\%$, Mo: $\leq 0.080\%$, As: $\leq 0.15\%$, Ti: $\leq 0.030\%$, 余量为Fe和不可避免的杂质。

8. 根据权利要求7所述的钢板的轧制工艺,其特征在于,所述钢板的碳当量CEV $\leq 0.44\%$,其中,CEV = $C + \text{Mn}/6 + (\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V})/5 + (\text{Ni} + \text{Cu})/15$,且 $\text{Cr} + \text{Ni} + \text{Cu} + \text{Mo} \leq 0.70\%$ 。

9. 一种钢板,其特征在于,其由权利要求1-8任一项所述的钢板的轧制工艺轧制而成,

所述钢板的贝氏体含量在2.3%以内,带状组织等级在1.5级以内,晶粒度在9.0级以上。

10. 根据权利要求9所述的钢板,其特征在于,所述钢板的厚度 $\leq 25\text{mm}$ 。

一种钢板的轧制工艺以及钢板

技术领域

[0001] 本申请涉及钢铁技术领域,具体而言,涉及一种钢板的轧制工艺以及钢板。

背景技术

[0002] Q355B钢是低合金钢板中最普遍的一种结构钢(原为Q345B),具有良好的综合力学性能、加工工艺性能和可焊接性,广泛应用于桥梁、车辆、船舶、建筑、机械工件加工等领域。

[0003] 随着市场的变化,Q355B钢板被广泛应用在钢结构加工方面,特别是厚度 $\leq 25\text{mm}$ 的Q355B钢板在冷折弯加工方面应用更多,但是现有的轧制工艺容易造成Q355B钢板开裂。

发明内容

[0004] 本申请提供了一种钢板的轧制工艺以及钢板,其能够改善现有的 Q355B钢板开裂的情况。

[0005] 本申请的实施例是这样实现的:

[0006] 第一方面,本申请实施例提供一种钢板的轧制工艺,包括:

[0007] 对加热后的铸坯进行粗轧、精轧然后进行冷却;

[0008] 其中,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 27\text{mm}$;板宽 $> 2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 23\text{mm}$;板宽 $> 2600\text{mm}$ 的铸坯的轧前三个道次的平均压下量 $\geq 22\text{mm}$;

[0009] 其中,板厚 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度 $\pm 25^\circ\text{C}$,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 970°C ,板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 950°C ,板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 930°C ,板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 920°C ;并且,板长 $\leq 30\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度在低于预设温度 25°C 至等于预设温度的范围内,板长 $> 30\text{m}$ 且 $\leq 45\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度 $\pm 10^\circ\text{C}$,板长 $> 45\text{m}$ 的铸坯的精轧开轧温度为在等于预设温度至高于预设温度 25°C 的范围内;

[0010] 其中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $10\sim 20^\circ\text{C}/\text{s}$;板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $9\sim 18^\circ\text{C}/\text{s}$;板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $8\sim 16^\circ\text{C}/\text{s}$;板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $7\sim 15^\circ\text{C}/\text{s}$ 。

[0011] 在上述技术方案中,不同板厚和不同板长的铸坯对应采用上述不同的精轧开轧温度范围,能够减小不同板厚和不同板长的铸坯在不同位置的温度差异,有利于控制钢板的板型,保证钢板的力学性能;不同板宽的铸坯对应采用上述不同的粗轧前三个道次的平均压下量范围,以及不同板厚的铸坯对应采用上述不同的冷却速率,能够降低钢板贝氏体的含量及内部偏析,提高钢板的塑性以及钢板的内部质量。

[0012] 在一种可能的实施方案中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $620\sim 680^\circ\text{C}$,板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $610\sim 670^\circ\text{C}$,板厚 $> 20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的返红温度为 $615\sim 665^\circ\text{C}$ 。

[0013] 在上述技术方案中,不同板厚的铸坯采用上述不同的返红温度,能够保证不同厚

度的钢板的强度。

[0014] 在一种可能的实施方案中,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $730\sim 790^{\circ}\text{C}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $740\sim 800^{\circ}\text{C}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $770\sim 820^{\circ}\text{C}$ 。

[0015] 在上述技术方案中,不用板厚的铸坯采用上述不同的开冷温度,再加上不同的铸坯采用上述不同的冷却速率,抑制了不同板厚的铸坯中的碳在原始带状组织上的长距离扩散,减轻带状组织的影响。

[0016] 在一种可能的实施方案中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $820\sim 860^{\circ}\text{C}$,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $740\sim 820^{\circ}\text{C}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $760\sim 820^{\circ}\text{C}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $770\sim 830^{\circ}\text{C}$ 。

[0017] 在上述技术方案中,不同板厚的铸坯采用不同的精轧终轧温度范围,在加上不同的铸坯采用上述不同的冷却速率,不同板厚的铸坯均不容易形成网状渗碳体,减少了铸坯产生裂纹的可能。

[0018] 在一种可能的实施方案中,板宽 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的精轧道次压下率 $\geq 8\%$;板宽 $> 2600\text{mm}$ 的精轧道次压下率 $\geq 7\%$ 。

[0019] 在上述技术方案中,不同板宽的铸坯采用上述的精轧道次压下率能够更好地降低钢板贝氏体含量,更好地提高钢板的塑性。

[0020] 在一种可能的实施方案中,铸坯的粗轧开轧温度为 $1050\sim 1110^{\circ}\text{C}$ 。

[0021] 在上述技术方案中,铸坯的粗轧开轧温度为 $1050\sim 1110^{\circ}\text{C}$,能够形成均匀的奥氏体单一相。

[0022] 在一种可能的实施方案中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $10\sim 16^{\circ}\text{C}/\text{s}$;板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $9\sim 14^{\circ}\text{C}/\text{s}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $8\sim 12^{\circ}\text{C}/\text{s}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $7\sim 10^{\circ}\text{C}/\text{s}$ 。

[0023] 在上述技术方案中,上述不同板厚的铸坯对应采用上述不同的冷却速率,能够更好地降低钢板贝氏体的含量及内部偏析,提高钢板的塑性。

[0024] 在一种可能的实施方案中,按质量百分数计,钢板的成分为:C: $0.14\sim 0.18\%$, Si: $0.15\sim 0.40\%$, Mn: $1.40\sim 1.60\%$, Al: $0.018\sim 0.040\%$, $P\leq 0.020\%$, $S\leq 0.005\%$, Nb $\leq 0.020\%$, $V\leq 0.030\%$, $\text{Cu}\leq 0.30\%$, $\text{Ni}\leq 0.30\%$, $\text{Cr}\leq 0.30\%$, $\text{Mo}\leq 0.080\%$, $\text{As}\leq 0.15\%$, $\text{Ti}\leq 0.030\%$,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0025] 在上述技术方案中,脆性夹杂物会变成裂纹的起源,钢板中的各组织成分比例合适,能够减少夹杂物的产生,尤其是减少硫化物夹杂的产生,减少了裂纹起源。

[0026] 在一种可能的实施方案中,钢板的碳当量 $\text{CEV}\leq 0.44\%$,其中, $\text{CEV}=\text{C}+\text{Mn}/6+(\text{Cr}+\text{Mo}+\text{V})/5+(\text{Ni}+\text{Cu})/15$,且 $\text{Cr}+\text{Ni}+\text{Cu}+\text{Mo}\leq 0.70\%$ 。

[0027] 在上述技术方案中,碳当量 $\text{CEV}\leq 0.44\%$ 且 $\text{Cr}+\text{Ni}+\text{Cu}+\text{Mo}\leq 0.70\%$,能够进一步提高钢板的塑性,减小钢板开裂的几率。

[0028] 第二方面,本申请实施例提供一种钢板,其由本申请实施例的钢板的轧制工艺轧制而成,钢板的贝氏体含量在 2.3% 以内,带状组织等级在1.5级以内,晶粒度在9.0级以上。

[0029] 在上述技术方案中,上述钢板的贝氏体含量较低,能够提高钢板的塑性,减少钢板

开裂的几率。

[0030] 在一种可能的实施方案中,钢板的厚度 $\leq 25\text{mm}$ 。

[0031] 在上述技术方案中,厚度 $\leq 25\text{mm}$ 的钢板在冷折弯加工方面应用更多。

[0032] 本申请实施例的钢板的轧制工艺以及钢板至少包括如下有益效果:

[0033] 不同板厚和不同板长的铸坯对应采用上述不同的精轧开轧温度范围,能够减小铸坯在不同位置的温度差异,有利于控制钢板的板型,保证钢板的力学性能;不同板宽的铸坯对应采用上述不同的粗轧前三个道次的平均压下量范围,以及不同板厚的铸坯对应采用上述不同的冷却速率,能够降低钢板贝氏体的含量及内部偏析,提高钢板的塑性以及钢板的内部质量。

具体实施方式

[0034] 下面将结合实施例对本申请的实施方案进行详细描述,但是本领域技术人员将会理解,下列实施例仅用于说明本申请,而不应视为限制本申请的范围。实施例中未注明具体条件者,按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者,均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0035] 以下针对本申请实施例的钢板的轧制工艺以及钢板进行具体说明:

[0036] 本申请实施例提供一种钢板的轧制工艺,包括:对加热后的铸坯进行粗轧、精轧然后进行冷却。

[0037] 其中,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 27\text{mm}$;板宽 $> 2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 23\text{mm}$;板宽 $> 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量 $\geq 22\text{mm}$ 。

[0038] 示例性地,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯包括板宽为 2300mm 铸坯、板宽为 2200mm 铸坯、板宽为 2100mm 铸坯、板宽为 2000mm 铸坯、板宽 1800mm 铸坯、板宽为 1500mm 铸坯和板宽为 1200mm 铸坯。

[0039] 可选地,板宽 $\leq 2300\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量为 27mm 、 28mm 、 29mm 、 30mm 、 32mm 、 33mm 、 35mm 、 37mm 、 38mm 或 40mm 。

[0040] 示例性地,板宽 $> 2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯包括板宽为 2310mm 的铸坯、板宽为 2350mm 的铸坯、板宽为 2380mm 的铸坯、板宽为 2400mm 的铸坯、板宽为 2420mm 的铸坯、板宽为 2450mm 的铸坯、板宽为 2500mm 的铸坯、板宽为 2520mm 的铸坯、板宽为 2550mm 的铸坯和板宽为 2600mm 的铸坯。

[0041] 可选地,板宽 $> 2300\text{mm}$ 且 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的粗轧前三个道次的平均压下量为 23mm 、 24mm 、 25mm 、 26mm 、 27mm 、 28mm 、 29mm 、 30mm 、 32mm 、 35mm 或 38mm 。

[0042] 示例性地,板宽 $> 2600\text{mm}$ 的铸坯包括板宽为 2610mm 的铸坯、板宽为 2650mm 的铸坯、板宽为 2680mm 的铸坯、板宽为 2700mm 的铸坯、板宽为 2720mm 的铸坯、板宽为 2750mm 的铸坯、板宽为 2800mm 的铸坯、板宽为 2900mm 的铸坯、板宽为 2950mm 的铸坯和板宽为 3000mm 的铸坯。

[0043] 可选地,板宽 $> 2600\text{mm}$ 的铸坯粗轧前三个道次的平均压下量为 22mm 、 22.3mm 、 22.5mm 、 22.8mm 、 23mm 、 24mm 、 25mm 、 26mm 、 28mm 、 30mm 或 32mm 。

[0044] 其中,板厚 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度 $\pm 25^\circ\text{C}$,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 970°C ,板厚 $> 12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的预设温度为 950°C ,板厚 $> 15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$

的铸坯的预设温度为930℃,板厚>20mm 且≤25mm的铸坯的预设温度为920℃;并且,板长≤30m的铸坯的精轧开轧温度为在低于预设温度25℃至等于预设温度的范围内,板长>30m且≤45m 的铸坯的精轧开轧温度为预设温度±10℃,板长>45m的铸坯的精轧开轧温度为在等于预设温度至高于预设温度25℃的范围内。

[0045] 示例性地,板厚≤25mm的铸坯包括板厚为25mm的铸坯、板厚为24mm 的铸坯、板厚为23mm的铸坯、板厚为22mm的铸坯、板厚为20mm的铸坯、板厚为17mm的铸坯、板厚为15mm的铸坯、板厚为12mm的铸坯、板厚为10mm的铸坯、板厚为8mm的铸坯、板厚为7mm的铸坯和板厚为 5mm的铸坯。

[0046] 可选地,板厚≤12mm的铸坯的精轧开轧温度为945℃、950℃、955℃、960℃、965℃、970℃、975℃、980℃、985℃、990℃和995℃中的任一者或者任两者之间的范围。

[0047] 需要说明的是,当铸坯的板厚≤12mm时,示例性地,板长≤30m的铸坯的精轧开轧温度为945℃、950℃、955℃、960℃、965℃和970℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚≤12mm时,示例性地,板长>30m且≤45m的铸坯的精轧开轧温度为960℃、965℃、970℃、975℃和980℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚≤12mm时,示例性地,板长>45m的铸坯的精轧开轧温度为970℃、975℃、980℃、985℃、990℃和995℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0048] 可选地,板厚>12mm且≤15mm的铸坯的精轧开轧温度为925℃、930℃、935℃、940℃、945℃、950℃、955℃、960℃、965℃、970℃和975℃中的任一者或者任两者之间的范围。

[0049] 需要说明的是,当铸坯的板厚>12mm且≤15mm时,示例性地,板长≤30m 的铸坯的精轧开轧温度为925℃、930℃、935℃、940℃、945℃和950℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚>12mm且≤15mm时,示例性地,板长>30m且≤45m的铸坯的精轧开轧温度为940℃、945℃、950℃、955℃和960℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚>12mm 且≤15mm时,示例性地,板长>45m的铸坯的精轧开轧温度为950℃、955℃、960℃、965℃、970℃和975℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0050] 可选地,板厚>15mm且≤20mm的铸坯精轧开轧温度为905℃、910℃、915℃、920℃、925℃、930℃、935℃、940℃、945℃、950℃和955℃中的任一者或者任两者之间的范围。

[0051] 需要说明的是,当铸坯的板厚>15mm且≤20mm时,示例性地,板长≤30m 的铸坯的精轧开轧温度为905℃、910℃、915℃、920℃、925℃和930℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚>15mm且≤20mm时,示例性地,板长>30m且≤45m的铸坯的精轧开轧温度为920℃、925℃、930℃、935℃和940℃中的任一者或者任意两者之间的范围;当铸坯的板厚>15mm 且≤20mm时,示例性地,板长>45m的铸坯的精轧开轧温度为930℃、935℃、940℃、945℃、950℃和955℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0052] 其中,板厚≤12mm的铸坯的冷却速率为10~20℃/s;板厚>12mm且≤15mm的铸坯的冷却速率为9~18℃/s;板厚>15mm且≤20mm的铸坯的冷却速率为8~16℃/s;板厚>20mm且≤25mm的铸坯的冷却速率为7~15℃/s。

[0053] 对于板厚较厚的铸坯来说,如果冷却速率过慢,则可能造成冷却不足,对于板厚较薄的铸坯来说,如果冷却速率过快,则可能造成铸坯过冷。而本申请实施例中,不同板厚的铸坯对应采用上述不同的冷却速率,不同板厚的铸坯冷却速率范围合适,能够降低钢板的内部偏析。

[0054] 示例性地,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 10°C/s 、 11°C/s 、 12°C/s 、 13°C/s 、 14°C/s 、 15°C/s 、 16°C/s 、 17°C/s 、 18°C/s 、 19°C/s 和 20°C/s 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0055] 示例性地,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 9°C/s 、 9.2°C/s 、 9.5°C/s 、 9.8°C/s 、 10°C/s 、 11°C/s 、 12°C/s 、 13°C/s 、 14°C/s 、 15°C/s 、 16°C/s 、 17°C/s 和 18°C/s 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0056] 示例性地,板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 8°C/s 、 8.2°C/s 、 8.5°C/s 、 8.8°C/s 、 9°C/s 、 10°C/s 、 11°C/s 、 12°C/s 、 13°C/s 、 14°C/s 、 15°C/s 和 16°C/s 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0057] 示例性地,板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 7°C/s 、 7.2°C/s 、 7.5°C/s 、 7.8°C/s 、 8°C/s 、 9°C/s 、 10°C/s 、 11°C/s 、 12°C/s 、 13°C/s 、 14°C/s 和 15°C/s 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0058] 在一种可能的实施方案中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $10\sim 16^{\circ}\text{C/s}$;板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $9\sim 14^{\circ}\text{C/s}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $8\sim 12^{\circ}\text{C/s}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的冷却速率为 $7\sim 10^{\circ}\text{C/s}$ 。

[0059] 进一步地,在一种可能的实施方案中,铸坯的粗轧开轧温度为 $1050\sim 1110^{\circ}\text{C}$ 。

[0060] 示例性地,铸坯的粗轧开轧温度为 1050°C 、 1060°C 、 1070°C 、 1080°C 、 1090°C 和 1100°C 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0061] 进一步地,在一种可能的实施方案中,板宽 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的精轧道次压下率 $\geq 8\%$;板宽 $>2600\text{mm}$ 的精轧道次压下率 $\geq 7\%$ 。需要说明的是,本申请实施例中的铸坯的精轧道次是除开了最后2道精轧。

[0062] 示例性地,板宽 $\leq 2600\text{mm}$ 的铸坯的精轧道次压下率为 8% 、 8.5% 、 9% 、 10% 、 11% 、 12% 、 13% 、 14% 、 15% 、 17% 或 20% 。

[0063] 示例性地,板宽 $>2600\text{mm}$ 的精轧道次压下率为 7% 、 7.3% 、 7.5% 、 7.8% 、 8% 、 9% 、 10% 、 12% 、 14% 、 15% 、 17% 或 20% 。

[0064] 进一步地,在一种可能的实施方案中,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $730\sim 790^{\circ}\text{C}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $740\sim 800^{\circ}\text{C}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 $770\sim 820^{\circ}\text{C}$ 。

[0065] 示例性地,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 730°C 、 735°C 、 740°C 、 750°C 、 760°C 、 770°C 、 780°C 和 790°C 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0066] 示例性地,板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 740°C 、 750°C 、 760°C 、 770°C 、 780°C 、 790°C 、 792°C 、 795°C 、 798°C 和 800°C 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0067] 示例性地,板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的开冷温度为 770°C 、 780°C 、 790°C 、 800°C 、 805°C 、 810°C 、 815°C 和 820°C 中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0068] 进一步地,在一种可能的实施方案中,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $820\sim 860^{\circ}\text{C}$,板厚 $>12\text{mm}$ 且 $\leq 15\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $740\sim 820^{\circ}\text{C}$;板厚 $>15\text{mm}$ 且 $\leq 20\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $760\sim 820^{\circ}\text{C}$;板厚 $>20\text{mm}$ 且 $\leq 25\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 $770\sim 830^{\circ}\text{C}$ 。

[0069] 示例性地,板厚 $\leq 12\text{mm}$ 的铸坯的精轧终轧温度为 820°C 、 825°C 、 830°C 、 835°C 、 840°C

℃、845℃、850℃、855℃和860℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0070] 示例性地,板厚>12mm且≤15mm的铸坯的精轧终轧温度为740℃、745℃、750℃、755℃、760℃、765℃、770℃、775℃、780℃、785℃、790℃、795℃、800℃、805℃、810℃、815℃和820℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0071] 示例性地,板厚>15mm且≤20mm的铸坯的精轧终轧温度为760℃、765℃、770℃、775℃、780℃、785℃、790℃、795℃、800℃、805℃、810℃、815℃和820℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0072] 示例性地,板厚>20mm且≤25mm的铸坯的精轧终轧温度770℃、775℃、780℃、785℃、790℃、795℃、800℃、805℃、810℃、815℃、820℃、825℃和830℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0073] 进一步地,在一种可能的实施方案中,板厚≤12mm的铸坯的返红温度为620~680℃,板厚>12mm且≤20mm的铸坯的返红温度为610~670℃,板厚>20mm且≤25mm的铸坯的返红温度为615~665℃。

[0074] 示例性地,板厚≤12mm的铸坯的返红温度为620℃、625℃、630℃、635℃、640℃、645℃、650℃、655℃、660℃、665℃、670℃、675℃和680℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0075] 示例性地,板厚>12mm且≤20mm的铸坯的返红温度为610℃、615℃、620℃、625℃、630℃、635℃、640℃、645℃、650℃、655℃、660℃、665℃和670℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0076] 示例性地,板厚>20mm且≤25mm的铸坯的返红温度为615℃、620℃、625℃、630℃、635℃、640℃、645℃、650℃、655℃、660℃和665℃中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0077] 在一种可能的实施方案中,按质量百分数计,钢板的成分为:C: 0.14~0.18%, Si:0.15~0.40%, Mn:1.40~1.60%, Als:0.018~0.040%, $P \leq 0.020\%$, $S \leq 0.005\%$, $Nb \leq 0.020\%$, $V \leq 0.030\%$, $Cu \leq 0.30\%$, $Ni \leq 0.30\%$, $Cr \leq 0.30\%$, $Mo \leq 0.080\%$, $As \leq 0.15\%$, $Ti \leq 0.030\%$,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0078] 示例性地,按质量百分数计,钢板的成分为:C:0.15~0.17%, Si: 0.20~0.30%, Mn:1.40~1.60%, Als:0.023~0.035%, $P \leq 0.020\%$, $S \leq 0.005\%$, $Nb \leq 0.020\%$, $V \leq 0.030\%$, $Cu \leq 0.30\%$, $Ni \leq 0.30\%$, $Cr \leq 0.30\%$, $Mo \leq 0.080\%$, $As \leq 0.15\%$, $Ti \leq 0.030\%$,余量为Fe和不可避免的杂质。

[0079] 另外,在一种可能的实施方案中,钢板的碳当量 $CEV \leq 0.44\%$,其中, $CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$,且 $Cr + Ni + Cu + Mo \leq 0.70\%$ 。

[0080] 示例性地,钢板的碳当量CEV为0.04%、0.08%、0.10%、0.15%、0.20%、0.25%、0.30%、0.35%、0.40%和0.44%中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0081] 示例性地, $Cr + Ni + Cu + Mo$ 的占比之和为0.1%、0.2%、0.3%、0.4%、0.5%、0.6%和0.7%中的任一者或者任意两者之间的范围。

[0082] 本申请实例还提供一种钢板,其由本申请实施例的钢板的轧制工艺轧制而成,钢板的贝氏体含量在2.3%以内,带状组织等级在1.5级以内,晶粒度在9.0级以上。

[0083] 示例性地,钢板的贝氏体含量为0.5%、0.9%、1.3%、1.7%、2.1%或2.3%。

[0084] 示例性地,钢板的带状组织等级为0.5级、1.0级或者1.5级。

[0085] 示例性地,钢板的晶粒度为9级、10级或者10.5级。

[0086] 在一种可能的实施方案中,钢板的厚度 $\leq 25\text{mm}$ 。

[0087] 示例性地,钢板的厚度为12mm、14mm、15mm、17mm、18mm、20mm、22mm、24mm或25mm。

[0088] 以下结合实施例对本申请的一种钢板的轧制工艺以及钢板作进一步的详细描述。

[0089] 实施例1~实施例10

[0090] 将含有表1对应的化学成分及Fe和不可避免的杂质组成的钢利用氧气顶吹转炉炼钢法进行冶炼,经过LF精炼处理、真空RH炉精炼、除杂及连铸后得到铸坯。将铸坯进行加热,然后依次进行粗轧、精轧后冷却。

[0091] 其中,铸坯的开轧温度、精轧的工艺条件和冷却的工艺条件均记载在表2和表3中,需要说明的是,实施例1~实施例10未记载在表格中的工艺参数均相同。

[0092] 对比例1~对比例6

[0093] 将含有表1对应的化学成分及Fe和不可避免的杂质组成的钢利用氧气顶吹转炉炼钢法进行冶炼,经过LF精炼处理、真空RH炉精炼、除杂及连铸后得到铸坯。将铸坯进行加热,然后依次进行粗轧、精轧后冷却。

[0094] 其中,铸坯的开轧温度、精轧的工艺条件和冷却的工艺条件均记载在表2和表3中,需要说明的是,对比例1~对比例6未记载在表格中的工艺参数均与实施例1~实施例10相同。

[0095] 表1.实施例1~实施例10及对比例1~6的部分化学成分

[0096]

	熔炼成分, Wt%													
	C	Si	Mn	P	S	Cu	As	Cr	Ni	Mo	Nb	V	Ti	Als
实施例1	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026

[0097]

实施 例 2	0.15	0.22	1.5	0.013	0.001	0.033	0.01	0.02	0.003	0	0.004	0.001	0.002	0.021
实施 例 3	0.16	0.23	1.47	0.015	0	0.032	0	0.02	0.004	0	0.004	0.001	0.002	0.025
实施 例 4	0.16	0.23	1.45	0.017	0	0.036	0	0.03	0.002	0	0.003	0.001	0.002	0.023
实施 例 5	0.16	0.21	1.46	0.015	0.002	0.032	0	0.04	0.004	0	0.003	0.001	0.003	0.021
实施 例 6	0.15	0.22	1.48	0.015	0.004	0.024	0	0.03	0.002	0	0.003	0.001	0.002	0.023
实施 例 7	0.16	0.22	1.48	0.017	0.001	0.024	0.01	0.03	0.003	0	0.005	0.001	0.003	0.027
实施 例 8	0.16	0.22	1.48	0.017	0.001	0.024	0.01	0.03	0.003	0	0.005	0.001	0.003	0.027
实施 例 9	0.16	0.22	1.48	0.017	0.001	0.024	0.01	0.03	0.003	0	0.005	0.001	0.003	0.027
实施 例 10	0.23	0.23	1.49	0.018	0.001	0.024	0.01	0.03	0.003	0	0.005	0.001	0.003	0.027
对比 例 1	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026
对比 例 2	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026
对比 例 3	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026
对比 例 4	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026
对比 例 5	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026
对比 例 6	0.17	0.22	1.48	0.011	0.001	0.035	0	0.02	0.004	0	0.003	0.001	0.002	0.026

[0098] 表2. 实施例1~10和对比例1~6的部分工艺参数

[0099]

	厚度 /(mm)	宽度 /(mm)	长度 /(mm)	开 轧 温 度 /℃	等 温 厚 度 /(mm)	精 轧 开 轧 温 度 /℃	精轧 终轧 温度 /℃	开冷 温度 /℃	冷却 速率 /(℃/s)	冷却 方式	返红温 度/℃
实施例 1	20	2060	26327	1088	40	920	810	762	16	ACC	642
实施例 2	14	2153	36103	1058	35	954	797	756	17	ACC	658
实施例 3	16	2153	48813	1094	38	942	808	767	15	ACC	643
实施例 4	18	2153	58304	1082	37	940	786	763	15	ACC	647
实施例 5	18	3160	25869	1068	36	923	805	753	16	ACC	650
实施例 6	19	2153	53133	1058	40	946	810	781	16	ACC	650
实施例 7	20	2060	26327	1088	40	920	770	730	16	ACC	580
实施例 8	20	2060	26327	1088	40	920	760	721	16	ACC	601
实施例 9	20	2060	26327	1088	40	920	850	818	16	ACC	693
实施例 10	20	2060	26327	1088	40	920	811	760	16	ACC	640
对比例 1	20	2060	26327	1088	40	885	820	762	16	ACC	642
对比例 2	20	2060	26327	1088	40	975	820	762	16	ACC	642
对比例 3	20	2060	26327	1088	40	920	820	762	5	ACC	705
对比例 4	20	2060	26327	1088	40	920	820	762	22	ACC	602
对比例 5	20	2060	26327	1088	20	920	820	762	16	ACC	642
对比例 6	20	2060	26327	1088	25	920	820	762	16	ACC	642

[0100] 表3.实施例1~10和对比例1~6的部分工艺参数

[0101]

	厚度 /(mm)	宽度 /(mm)	长度 /(mm)	压下量 1 /(mm)	压下量 2 /(mm)	压下量 3 /(mm)	粗轧前三个道次 平均压下量/(mm)	精轧道次 压下率/(%)
实施例 1	20	2060	26327	27.27	27.26	27.41	27.31	8.18
实施例 2	14	2153	36103	27.43	27.39	27.48	27.43	8.22

[0102]

实施例 3	16	2153	48813	27.4	27.38	27.53	27.44	8.21
实施例 4	18	2153	58304	27.33	27.22	27.39	27.31	8.25
实施例 5	18	3160	25869	22.72	22.71	22.92	22.78	7.29
实施例 6	19	2153	53133	27.43	27.29	27.5	27.41	8.13
实施例 7	20	2060	26327	27.45	27.05	27.43	27.31	8.17
实施例 8	20	2060	26327	27.37	27.33	27.21	27.30	8.13
实施例 9	20	2060	26327	27.41	27.31	27.25	27.32	8.15
实施例 10	20	2060	26327	27.27	27.26	27.41	27.31	8.18
对比例 1	20	2060	26327	27.25	27.28	27.44	27.32	8.16
对比例 2	20	2060	26327	27.28	27.27	27.42	27.32	8.17
对比例 3	20	2060	26327	27.22	27.25	27.51	27.33	8.18
对比例 4	20	2060	26327	27.26	27.27	27.43	27.32	8.11
对比例 5	20	2060	26327	22.52	22.11	21.92	22.18	8.26
对比例 6	20	2060	26327	22.92	22.72	22.22	22.62	8.28

[0103] 试验例

[0104] (1) 对实施例1~10和对比例1~6的钢板的力学性能、贝氏体含量、带状组织等级及晶粒度等进行测试,测试标准请参照GB/T 1591、GB/T13298、GB/T13299 (国际标准或者行业标准),其结果记录在表4中。

[0105] 表4. 实施例1~10和对比例1~6的性能测试结果

[0106]

	屈服强度 /Mpa	抗拉强度 /MPa	伸长率/%	冲击功/J	贝氏体含量/%	带状组织等级	晶粒度
实施例 1	391	571	31	228	1.5%	1.0 级	10.5 级
实施例 2	388	563	29	220	1.8%	1.0 级	10.5 级
实施例 3	380	573	30	217	1.6%	1.0 级	9.5 级

[0107]	实施例 4	386	577	28	211	1.6%	1.0 级	9.0 级
	实施例 5	382	566	30	223	1.5%	1.0 级	9.0 级
	实施例 6	393	578	32	226	1.7%	1.0 级	9.5 级
	实施例 7	395	575	25	210	1.9%	1.5 级	9.0 级
	实施例 8	385	570	24	200	1.7%	1.5 级	9.0 级
	实施例 9	380	560	24	199	2.3%	1.5 级	9.0 级
	实施例 10	415	585	23	180	2.2%	1.5 级	9.0 级
	对比例 1	430	602	18	160	5.3%	2.5 级	8.5 级
	对比例 2	412	595	21	175	2.8%	2.5 级	8 级
	对比例 3	335	510	22	172	2.4%	2.5 级	8.0 级
	对比例 4	422	593	20	178	5.5%	2.5 级	8 级
	对比例 5	387	560	22	168	3.2%	3.0 级	7.5 级
	对比例 6	380	562	21	171	3.5%	3.0 级	8.0 级

[0108] 结果分析：

[0109] 表1中的实施例1至实施例6为本发明实施例钢的成分，经表2和表3 中实施例1至实施例6的轧制工艺参数的结果体现在表4中的性能测试结果，其结果显示实施例1至实施例6的力学性能数据富余量充足，延伸率 28-32%，塑性指标良好，贝氏体含量在1.5-1.8%之间；带状组织1.0级，晶粒度9级-10.5级，整体指标数据较好。

[0110] 从表4的结果可以看出，对比例1和对比例2的精轧开轧温度、对比例3和对比例4的冷却速率、对比例5和对比例6的粗轧前三个道次的平均压下量分别与实施例1不同，其结果体现为对比例1和对比例2、对比例 3和对比例4、对比例5和对比例6的贝氏体含量明显高于实施例1；对比例1和对比例2、对比例3和对比例4、对比例5和对比例6的伸长率、冲击功、带状组织及晶粒度明显低于实施例1，且强度波动也较大；说明了精轧开轧温度、冷却速率、粗轧前三个道次的平均压下量对贝氏体含量、伸长率、冲击功、带状组织、晶粒度、屈服强度及抗拉强度均有影响，本申请实施例的精轧开轧温度、冷却速率、粗轧前三个道次的平均压下量能够使得钢板的各方面性能均良好。

[0111] 进行组内对比，经表2和表3中实施例7至实施例9的不同轧制工艺参数的对比结果体现在表4中的实施例7至实施例9的性能测试结果，其结果显示实施例7至实施例9的强度相当，但贝氏体含量、伸长率、冲击功、带状组织、晶粒度较实施例1略差些，整体效果不如实施例1至实施例6，但是整体效果优于对比例1～对比例6。

[0112] 表1中的实施例10与实施例1的碳当量不同,进行组内对比,经表2 和表3中实施例10的轧制工艺参数的对比结果体现在表4中的实施例10 的性能测试结果,其结果显示实施例10除强度较实施例1略提高,其它伸长率、贝氏体含量、冲击功、带状组织、晶粒度等均较实施例1差,整体效果不如实施例1至实施例6,但整体效果优于对比例1~对比例6。

[0113] 以上所述仅为本申请的具体实施例而已,并不用于限制本申请,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。