



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114262845 A

(43) 申请公布日 2022.04.01

(21) 申请号 202111476745.1 *G22C 38/48* (2006.01)  
(22) 申请日 2021.12.06 *G22C 38/46* (2006.01)  
(71) 申请人 邯郸钢铁集团有限责任公司 *G22C 38/50* (2006.01)  
地址 056015 河北省邯郸市复兴区复兴路 *G22C 38/06* (2006.01)  
232号 *G21D 8/02* (2006.01)  
申请人 河钢股份有限公司邯郸分公司 *G21D 1/18* (2006.01)  
(72) 发明人 冯俊鹏 朱坦华 李玉谦 成慧梅  
孙电强 张瑞超 王丽敏 徐晓  
杨雄  
(74) 专利代理机构 石家庄冀科专利商标事务所  
有限公司 13108  
代理人 赵幸  
(51) Int. Cl.  
*G22C 38/02* (2006.01)  
*G22C 38/58* (2006.01)

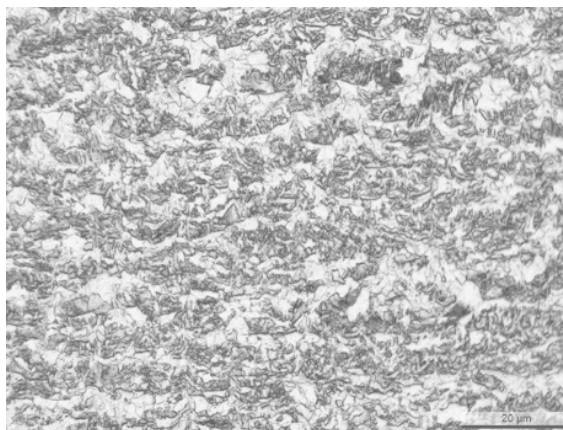
权利要求书2页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

一种500Mpa级薄规格桥梁板及其生产方法

(57) 摘要

本发明公开了一种500Mpa级薄规格桥梁板及其生产方法,属于冶金技术领域。桥梁板化学成分质量百分比为:C:0.07~0.10%,Si≤0.10%,Mn:1.50~1.65%,P≤0.018%,S≤0.008%,Nb:0.025~0.040%,V:0.035~0.045%,Ti:0.010~0.025%,Ni:0.12~0.18%,Cr:0.18~0.30%,Als:0.015~0.045%,N≤0.0065%,余量为Fe和生产过程中不可避免的杂质。生产方法包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序。本发明通过合理的成分设计,并改进工艺,多道次强矫直工艺,得到一种工序简单,板形和性能兼优的桥梁板。



1. 一种500Mpa级薄规格桥梁板,其特征在于,所述桥梁板化学成分质量百分比为:C:0.07~0.10%, $Si \leq 0.10\%$ , $Mn:1.50 \sim 1.65\%$ , $P \leq 0.018\%$ , $S \leq 0.008\%$ , $Nb:0.025 \sim 0.040\%$ , $V:0.035 \sim 0.045\%$ , $Ti:0.010 \sim 0.025\%$ , $Ni:0.12 \sim 0.18\%$ , $Cr:0.18 \sim 0.30\%$ , $Als:0.015 \sim 0.045\%$ , $N \leq 0.0065\%$ ,余量为Fe和生产过程中不可避免的杂质;所述桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{cm}$ 为0.16~0.20%。

2. 根据权利要求1所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板,其特征在于,所述桥梁板厚度6~16mm;所述桥梁板金相组织组成为铁素体和贝氏体组织,其中铁素体占23%~25%,贝氏体占75~77%。

3. 根据权利要求1或2所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板,其特征在于,所述桥梁板屈服强度 $\geq 500MPa$ ,抗拉强度 $\geq 630MPa$ ,延伸率 $\geq 18\%$ ,屈强比 $\leq 0.85$ ,V型纵向-40℃冲击功 $\geq 120J$ ,180°弯曲试验在试样外表面无肉眼可见的裂纹,钢板板形平直度满足 $\leq 5mm/2M$ 或 $\leq 3mm/M$ ,探伤能力达到GB/T 2970中II级标准以上。

4. 基于权利要求1-3任意一项所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述生产方法包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

所述控制轧制工序,采用两阶段轧制,第一阶段开轧温度 $\geq 1050^{\circ}C$ ,第一阶段保证板坯的单道次压下量 $\geq 10\%$ ,且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率 $\geq 70\%$ ;第二阶段,开轧温度890~970℃;末道次快速抛钢,抛钢速度2.7~3.2m/s,使钢板快速进入控冷区,确保DQ段开冷温度控制在760~820℃;

所述控冷工序采用DQ+空冷+ACC三段式冷却,所述DQ段冷却速度为15~20℃/s,DQ段终冷温度为400~500℃;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷10~15s;ACC段冷却速度为4~8℃/s,终冷温度为150~250℃。

5. 根据权利要求4所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述连铸工序,采用260\*1700~1900mm断面生产保证压缩比,凝固末端累计压下量6.9mm;全程采用二冷电磁搅拌,动态轻压下技术,电搅参数180A~360A,频率4~6HZ,控制铸坯等轴晶率达到40%以上。

6. 根据权利要求4所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制在5~7mm,保证矫直力 $\geq 16000KN$ ,通过强力矫直机反复矫直 $\geq 5$ 次。

7. 根据权利要求4-6任意一项所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述控制轧制工序,采用两阶段轧制,钢板成品厚度为h,当 $6mm \leq h < 10mm$ 时,第二阶段开始温度为970~950℃;当钢板成品厚度在 $10mm \leq h < 14mm$ 时,第二阶段开始温度940~910℃;钢板成品厚度在 $14mm \leq h \leq 16mm$ 时,第二阶段开始温度920~890℃。

8. 根据权利要求4-6任意一项所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述控冷工序采用DQ+空冷+ACC三段式冷却,DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈10~12°夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.7~1.9,ACC段上下集管水量比值2.0~2.2。

9. 根据权利要求4-6任意一项所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征在于,所述转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.3~1.5,全部吹炼时间9~10min,控制终渣碱度3.5~4.2,吹炼终点钢水C含量0.03~0.05%, $P \leq 0.015\%$ ,转炉终点钢水温度

1550~1600℃。

10. 根据权利要求4-6任意一项所述的一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,其特征  
在于,所述精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量 $\leq 0.008\%$ ;RH精炼真空保持  
时间 $\geq 15\text{min}$ ,净吹时间 $\geq 6\text{min}$ ;所述铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制  
在1210~1250℃,加热时间 $\geq 240\text{min}$ 。

## 一种500Mpa级薄规格桥梁板及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,具体涉及一种500Mpa级薄规格桥梁板及其生产方法。

### 背景技术

[0002] 近年来,国家加大了对桥梁等交通基础设施的建设力度,尤其是更加重视公路桥梁中全钢结构桥梁的推广。因而,桥梁钢需求量大大提高,且对其质量和性能的要求也进一步提高。不仅要具有高强度以满足结构轻量化要求,而且还应具有优良的低温韧性、抗焊接热影响和裂纹敏感特性等,以满足钢结构的安全可靠、长寿等要求。采用TMCP或TMCP+回火工艺生产的桥梁板,能满足产品具有良好的综合机械性能,保证高韧性、低屈强比、优良焊接性,但是业内观点一致认为,对于厚度小于等于16mm的薄规格桥梁板,采用TMCP工艺存在板形控制和性能控制难以匹配的问题;即若保证力学性能,则钢板容易出现浪形,板形合格率较低;若要保证板形,则力学性能达不到用户要求;此类问题严重制约了桥梁板的生产,限制了产品应用领域。

[0003] 专利CN102766806 A,公开了一种超宽薄规格桥梁用结构钢板及其生产方法:该生产方法通过轧后采用780~850℃正火工艺,来确保钢板板形良好和综合力学性能合格,在增加了工序成本同时钢板强度会有一定程度下降,不利于钢板整体性能的提升,若追求高性能则需要添加更多的合金元素。

[0004] 专利CN 109097662 B,公开了一种8~16mm厚TMCP型桥梁板及其生产方法:该方法采用高碳的成分设计C含量0.11~0.13%,通过控制轧制工艺获得一种铁素体+珠光体的双相组织来确保钢板强度。不足之处当C含量 $\geq 0.10\%$ ,会加重珠光体带状组织的形成,不利于钢板的冲击性能;另薄规格钢板各点在奥氏体向铁素体+珠光体相变的过程中通常会产生较大差异,板形和性能匹配的控制难度较大。

### 发明内容

[0005] 本发明所要解决的技术问题是提供一种500Mpa级薄规格桥梁板及其生产方法。本发明具体公开了一种免回火TMCP态交货、强度级别500Mpa以上、6~16m规格桥梁板的生产方法,通过优化成分设计,改进TMCP轧制、多道次强矫直工艺,得到一种工序简单、板形和性能兼优的桥梁板。

[0006] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:一种500Mpa级薄规格桥梁板,所述桥梁板化学成分质量百分比为:C:0.07~0.10%, $Si \leq 0.10\%$ , $Mn: 1.50 \sim 1.65\%$ , $P \leq 0.018\%$ , $S \leq 0.008\%$ , $Nb: 0.025 \sim 0.040\%$ , $V: 0.035 \sim 0.045\%$ , $Ti: 0.010 \sim 0.025\%$ , $Ni: 0.12 \sim 0.18\%$ , $Cr: 0.18 \sim 0.30\%$ , $Als: 0.015 \sim 0.045\%$ , $N \leq 0.0065\%$ ,余量为Fe和生产过程中不可避免的杂质;所述桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{cm}$ 为0.16~0.20%。

[0007] 优选的,所述桥梁板厚度6~16mm;所述桥梁板金相组织组成为铁素体和贝氏体组织,其中铁素体占23%~25%,贝氏体占75~77%。

[0008] 优选的,所述桥梁板屈服强度 $\geq 500MPa$ ,抗拉强度 $\geq 630MPa$ ,延伸率 $\geq 18\%$ ,屈强比

$\leq 0.85$ , V型纵向-40℃冲击功 $\geq 120\text{J}$ , 180°弯曲试验在试样外表面无肉眼可见的裂纹, 钢板板形平直度满足 $\leq 5\text{mm}/2\text{M}$ 或 $\leq 3\text{mm}/\text{M}$ , 探伤能力达到GB/T 2970中Ⅱ级标准以上。

[0009] 本发明各合金元素在钢中的作用如下:

C: C是钢中最基本的强化元素, C含量越高, 钢的强度越高, 塑韧性和焊接性能越差, 因此在保证强度的情况下应尽可能降低C含量, 以保证钢板的塑韧性和焊接性能, 因此C含量控制0.07~0.10%。

[0010] Si: Si含量控制在 $\leq 0.10\%$ , 可消除红色氧化氧化铁皮有助于钢板除磷。

[0011] Mn: Mn显著地降低Ar1 温度和贝氏体转变温度、残余奥氏体含量, 且由于合金价格低廉, 在低碳的成分设计中起到固溶强化作用, 但是及易产生偏析及带状组织, 因此Mn含量控制1.50~1.65%。

[0012] P和S: P易于偏聚在晶界处, 降低钢的塑性和韧性, 属于有害元素, 理论上含量越低越好, 但考虑到冶炼的成本和可行性, 控制 $P \leq 0.018\%$ ,  $S \leq 0.008\%$ 。

[0013] Nb: Nb是最强的碳化物形成元素, 具有抑制奥氏体再结晶、细化奥氏体的作用, 在低温下易于析出弥散碳化物, 可以提高强度细化晶粒, 因此Nb含量控制0.025~0.040%。

[0014] V: V主要作用是细化晶粒, 提高钢的强度和韧性, 在奥氏体生成铁素体过程中的相间析出, 起到析出强化作用, 但含量过高时, 其碳化物在晶内析出会降低低温韧性, 故钒的含量控制在0.035~0.045%。

[0015] Ti: Ti的主要作用是固氮和脱氧, 钛的含量过高, 会造成材料的韧性降低, 根据钢水中氮含量, 钛含量控制在0.010~0.025%。

[0016] Ni: Ni可以显著提高钢板低温冲击韧性, 但镍作为一种稀缺合金元素, 尽量减少该元素的添加, 镍的含量控制在0.12~0.18%。

[0017] Cr: Cr 提高钢的硬度、韧性、淬透性能, 促进碳化物溶解和奥氏体成分均匀化。但Cr含量高会有相析出, 冲击韧性急剧下降。所以Cr成分设计为0.18~0.30%。

[0018] Als: Al作为有效的脱氧元素, 可高效去除钢水内的氧, 提高钢水纯净度, 但铝的添加过高反而会造造成钢内夹杂物的增大, 作为铝添加的衡量指标酸溶铝含量控制在0.015~0.045%。

[0019] 本发明还提供上述一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,

所述生产方法包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

所述控制轧制工序, 采用两阶段轧制, 第一阶段开轧温度 $\geq 1050^\circ\text{C}$ , 第一阶段保证板坯的单道次压下量 $\geq 10\%$ , 且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ , 累计压下率 $\geq 70\%$ ; 第二阶段, 开轧温度 $890\sim 970^\circ\text{C}$ ; 末道次快速抛钢, 抛钢速度 $2.7\sim 3.2\text{m}/\text{s}$ , 使钢板快速进入控冷区, 确保直接淬火(DQ)段开冷温度控制在 $760\sim 820^\circ\text{C}$ , 减少先共析铁素体的生成;

所述控冷工序采用直接淬火(DQ)+空冷+快速冷却(ACC)三段式冷却, 所述DQ段冷却速度为 $15\sim 20^\circ\text{C}/\text{s}$ , DQ段终冷温度为 $400\sim 500^\circ\text{C}$ ; 钢板离开DQ段后进入空冷段, 空冷 $10\sim 15\text{s}$ ; ACC段冷却速度为 $4\sim 8^\circ\text{C}/\text{s}$ , 终冷温度为 $150\sim 250^\circ\text{C}$ 。

[0020] 优选的, 所述连铸工序, 采用 $260*1700\sim 1900\text{mm}$ 断面生产保证压缩比, 凝固末端累计压下量 $6.9\text{mm}$ ; 全程采用二冷电磁搅拌, 动态轻压下技术, 电搅参数 $180\text{A}\sim 360\text{A}$ , 频率 $4\sim 6\text{HZ}$ , 控制铸坯等轴晶率达到40%以上。

[0021] 优选的,所述矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制在5~7mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通过强力矫直机反复矫直 $\geq 5$ 道次,确保钢板板形平直。

[0022] 优选的,所述控制轧制工序,采用两阶段轧制,钢板成品厚度为 $h$ ,当 $6\text{mm} \leq h < 10\text{mm}$ 时,第二阶段开始温度为 $970 \sim 950^\circ\text{C}$ ;当钢板成品厚度在 $10\text{mm} \leq h < 14\text{mm}$ 时,第二阶段开始温度 $940 \sim 910^\circ\text{C}$ ;钢板成品厚度在 $14\text{mm} \leq h \leq 16\text{mm}$ 时,第二阶段开始温度 $920 \sim 890^\circ\text{C}$ 。

[0023] 优选的,所述控冷工序采用直接淬火(DQ)+空冷+快速冷却(ACC)三段式冷却,DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈 $10 \sim 12^\circ$ 夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在 $1.7 \sim 1.9$ ,ACC段上下集管水量比值 $2.0 \sim 2.2$ 。

[0024] 优选的,所述转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度 $1.3 \sim 1.5$ ,全部吹炼时间 $9 \sim 10\text{min}$ ,控制终渣碱度 $3.5 \sim 4.2$ ,吹炼终点钢水C含量 $0.03 \sim 0.05\%$ , $P \leq 0.015\%$ ,转炉终点钢水温度 $1550 \sim 1600^\circ\text{C}$ 。

[0025] 优选的,所述精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量 $\leq 0.008\%$ ;RH精炼真空保持时间 $\geq 15\text{min}$ ,净吹时间 $\geq 6\text{min}$ ,保证了钢水中夹杂物级别A+B+C+D夹杂物总和 $\leq 1.0$ 级;所述铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在 $1210 \sim 1250^\circ\text{C}$ ,加热时间 $\geq 240\text{min}$ ,保证铸坯温度均匀。

[0026] 本发明各生产工序的作用机理如下:

本发明的控轧工序在轧制时第一阶段保证板坯的单道次压下量 $\geq 10\%$ ,且一轧程后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率 $\geq 70\%$ ,使钢板高温时发生充分再结晶,得到细小的初始奥氏体晶粒组织。第二阶段,对中间坯施加适当的未再结晶累积压下率,开轧温度 $890 \sim 970^\circ\text{C}$ ;以上工艺是连铸坯在奥氏体再结晶区、未再结晶区及形变诱导相变区控制轧制,使钢板内部形成大量位错并留有较大的畸变能,达到反复细化奥氏体晶粒的目的,从而在随后的控冷工序中,生成细小铁素体和贝氏体晶粒,进而保证钢板的低屈强比和低温冲击韧性。

[0027] 本发明的控冷工艺采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却,其中DQ段冷却速度为 $15 \sim 20^\circ\text{C}/\text{s}$ ,DQ段终冷温度为 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ ;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷 $10 \sim 15\text{s}$ ;ACC段冷却速度为 $4 \sim 8^\circ\text{C}/\text{s}$ ,终冷温度为 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ 。保证全厚度方向完成贝氏体相变,提高钢板的高强韧性能;空冷段的目的是令钢板在 $400 \sim 500^\circ\text{C}$ 保温 $10 \sim 15\text{s}$ ,促进碳氮化物的析出,改善钢板的塑韧性,起到“自回火”的作用,减少离线回火工序;ACC段冷却速度为 $4 \sim 8^\circ\text{C}/\text{s}$ ,冷却至 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ ,目的是避免钢板由于冷却不均匀发生二次瓢曲,保证钢板板形平直,减少浪板产生。

[0028] 本发明采用低温矫直工艺,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制在 $5 \sim 7\text{mm}$ ,保证矫直力在 $16000\text{KN}$ 以上,通过强力矫直机反复矫直 $\geq 5$ 道次以上,确保钢板板形平直,钢板板形平直度满足 $\leq 5\text{mm}/2\text{M}$ 或 $\leq 3\text{mm}/\text{M}$ 。

[0029] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:1、本发明的钢板交货状态为TMCP,为保证薄规格 $6\text{mm} \sim 16\text{mm}$ 产品具有良好的板形和低温冲击性能,成分设计时采用低C的质量百分比 $0.07 \sim 0.10\%$ ,辅以Nb、V、Ti、Cr、Ni等微合金元素,将终冷温度控制在 $150 \sim 250^\circ\text{C}$ ,并强力矫直 $\geq 5$ 道次以上。采用此种成分设计及优化的TMCP轧制、矫直工艺设计,钢板最终得到稳定的铁素体和贝氏体组织,综合机械性满足GB/T 714-2015要求,钢板探伤能力满足GB/T 2970中II级标准。2、本发明解决了TMCP态钢板板形和机械性能不匹配的技术难题,同时节

省了回火工序。钢板板形合格率大幅提升( $\geq 90\%$ ),平直度满足 $\leq 5\text{mm}/2\text{M}$ 或 $\leq 3\text{mm}/\text{M}$ 的要求,且保留了高强韧性、低屈强比、优良焊接性的特点;节省了回火工序成本,扩大了产品厚度规格,可广泛应用于各种大型桥梁工程上,在同类企业中具有较强的竞争优势。

### 附图说明

- [0030] 图1是本发明实施例1中6mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图;  
图2是本发明实施例2中8mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图;  
图3是本发明实施例3中10mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图;  
图4是本发明实施例4中12mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图;  
图5是本发明实施例5中14mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图。  
[0031] 图6是本发明实施例6中16mm厚度规格桥梁板的200×显微组织图。

### 具体实施方式

[0032] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0033] 实施例1~7选用260\*1700~1900mm断面连铸坯以保证压缩比,生产厚度规格为6~16mm的桥梁板。

[0034] 实施例1

一种500Mpa级薄规格桥梁板,厚度6mm,化学成分质量百分比见表1;桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{cm}$ :0.17%。

[0035] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、精整、探伤工序;

1) 转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.3,全部吹炼时间10min,控制终渣碱度3.8,终点钢水C含量0.04%,P含量0.010%,终点钢水温度1600℃。

[0036] 2) 精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量0.003%;RH精炼真空保持时间20min,净吹时间6min;

3) 连铸工序,采用260\*1700断面,全程采用二冷电磁搅拌,动态轻压下技术,电揽参数180A,频率4HZ,凝固末端累计压下量6.9mm,控制铸坯等轴晶率达到40%。

[0037] 4) 铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1220℃,加热时间240min。

[0038] 5) 控制轧制工序,采用两阶段轧制,一阶段开轧温度1075℃,一阶段板坯的单道次压下量10%,且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率75%;

第二阶段开始温度为950℃;末道次快速抛钢,抛钢速度3.2m/s,使钢板快速进入控冷区,DQ段开冷温度控制在780℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却,DQ段冷却速度为18℃/s,DQ段终冷温度为480℃;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷10s;ACC段冷却速度为5℃/s,终冷温度为200℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈10~12°夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.8,ACC段上下集管水量比值2.0。

[0039] 7) 矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制6mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通

过强力矫直机反复矫直7次。

[0040] 采用上述方法生产的厚度规格为6mm的桥梁板,金相组织组成为铁素体(23%)和贝氏体组织(77%),其力学性能检测结果:屈服强度535MPa,抗拉强度655MPa,延伸率18.5%,屈强比0.82,V型纵向-40℃冲击功174J、185J、182J,180°弯曲试验合格,钢板无浪形缺陷,板形平直度 $\leq 5\text{mm}/2\text{M}$ ,探伤能力达到标准I级。

[0041] 实施例2

一种500Mpa级薄规格桥梁板,厚度8mm,化学成分质量百分比见表1;桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{\text{cm}}$ :0.18%。

[0042] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

1) 转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.5,全部吹炼时间10min,控制终渣碱度3.5,终点钢水C含量0.03%,P含量0.015%,终点钢水温度1580℃。

[0043] 2) 精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量0.008%;RH精炼真空保持时间18min,净吹时间6min;

3) 连铸工序,采用260\*1700断面,全程采用二冷电磁搅拌,动态轻压下技术,电搅参数220A,频率4HZ,凝固末端累计压下量6.9mm,控制铸坯等轴晶率达到45%。

[0044] 4) 铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1210℃,加热时间250min。

[0045] 5) 控制轧制工序,采用两阶段轧制,一阶段开轧温度1075℃,一阶段板坯的单道次压下量12%,且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率78%;第二阶段开始温度为960℃;末道次快速抛钢,抛钢速度3.0m/s,使钢板快速进入控冷区,DQ段开冷温度控制在800℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却,DQ段冷却速度为16℃/s,DQ段终冷温度为500℃;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷13s;ACC段冷却速度为8℃/s,终冷温度为230℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈10~12°夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.9,ACC段上下集管水量比值2.0。

[0046] 7) 矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制6mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通过强力矫直机反复矫直7次。

[0047] 采用上述方法生产的厚度规格为8mm的桥梁板,金相组织组成为铁素体(25%)和贝氏体组织(75%),其力学性能检测结果:屈服强度545MPa,抗拉强度675MPa,延伸率20.5%,屈强比0.81,V型纵向-40℃冲击功164J、155J、165J,180°弯曲试验合格,钢板无浪形缺陷,板形平直度满足 $\leq 4\text{mm}/2\text{M}$ ,探伤能力达到标准I级要求。

[0048] 实施例3

一种500Mpa级薄规格桥梁板,厚度10mm,化学成分质量百分比见表1;桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{\text{cm}}$ :0.18%。

[0049] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

1) 转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.4,全部吹炼时间9min,控制终渣碱度4.2,终点钢水C含量0.05%,P含量0.013%,终点钢水温度1590℃。



[0050] 2) 精炼工序, LF精炼全程采用白渣操作, 控制出站S含量0.005%; RH精炼真空保持时间16min, 净吹时间8min;

3) 连铸工序, 采用260\*1900断面, 全程采用二冷电磁搅拌, 动态轻压下技术, 电搅参数260A, 频率6HZ, 凝固末端累计压下量6.9mm, 控制铸坯等轴晶率达到42%。

[0051] 4) 铸坯加热工序, 铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1250℃, 加热时间260min。

[0052] 5) 控制轧制工序, 采用两阶段轧制, 一阶段开轧温度1075℃, 一阶段板坯的单道次压下量11%, 且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ , 累计压下率75%; 第二阶段开始温度为940℃; 末道次快速抛钢, 抛钢速度2.7m/s, 使钢板快速进入控冷区, DQ段开冷温度控制在760℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却, DQ段冷却速度为20℃/s, DQ段终冷温度为400℃; 钢板离开DQ段后进入空冷段, 空冷12s; ACC段冷却速度为4℃/s, 终冷温度为250℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度, 侧喷水与钢板上表面呈10~12°夹角分布, DQ段上下集管水量比值控制在1.9, ACC段上下集管水量比值2.2。

[0053] 7) 矫直工序, 矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制7mm, 保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ , 通过强力矫直机反复矫直5次。

[0054] 采用上述方法生产的厚度规格为10mm的桥梁板, 金相组织组成为铁素体(23%)和贝氏体组织(77%), 其力学性能检测结果: 屈服强度540MPa, 抗拉强度687MPa, 延伸率19%, 屈强比0.78, -40℃冲击功220J、238J、245J, 180°弯曲试验合格, 钢板无浪形缺陷, 板形平直度 $\leq 3\text{mm}/2\text{M}$ , 探伤能力达到标准II级要求。

[0055] 实施例4

一种500Mpa级薄规格桥梁板, 厚度12mm, 化学成分质量百分比见表1; 桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{cm}$ : 0.19%。

[0056] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法, 包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

1) 转炉工序, 采用双渣法冶炼, 控制前期渣碱度1.3, 全部吹炼时间9min, 控制终渣碱度3.5, 终点钢水C含量0.05%, P含量0.015%, 终点钢水温度1600℃。

[0057] 2) 精炼工序, LF精炼全程采用白渣操作, 控制出站S含量0.007%; RH精炼真空保持时间20min, 净吹时间6min;

3) 连铸工序, 采用260\*1900断面, 全程采用二冷电磁搅拌, 动态轻压下技术, 电搅参数300A, 频率6HZ, 凝固末端累计压下量6.9mm, 控制铸坯等轴晶率达到45%。

[0058] 4) 铸坯加热工序, 铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1210℃, 加热时间240min。

[0059] 5) 控制轧制工序, 采用两阶段轧制, 一阶段开轧温度1065℃, 一阶段板坯的单道次压下量10%, 且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ , 累计压下率72%; 第二阶段开始温度为930℃; 末道次快速抛钢, 抛钢速度3.0m/s, 使钢板快速进入控冷区, DQ段开冷温度控制在780℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却, DQ段冷却速度为15℃/s, DQ段终冷温度为500℃; 钢板离开DQ段后进入空冷段, 空冷10s; ACC段冷却速度为8℃/s, 终冷温度为200℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈 $10\sim 12^\circ$ 夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.7,ACC段上下集管水量比值2.1。

[0060] 7) 矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制6mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通过强力矫直机反复矫直5次。

[0061] 采用上述方法生产的厚度规格为12mm的桥梁板,金相组织组成为铁素体(24%)和贝氏体组织(76%),其力学性能检测结果:屈服强度545MPa,抗拉强度680MPa,延伸率19%,屈强比0.80,V型纵向-40℃冲击功185J、162J、196J,180°弯曲试验合格,钢板无浪形缺陷,板形平直度满足 $\leq 4\text{mm}/2\text{M}$ ,探伤能力达到标准I级要求。

[0062] 实施例5

一种500Mpa级薄规格桥梁板,厚度14mm,化学成分质量百分比见表1;桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{\text{cm}}$ :0.18%。

[0063] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧制、控制冷却、矫直、探伤工序;

1) 转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.4,全部吹炼时间10min,控制终渣碱度4.0,终点钢水C含量0.04%,P含量0.015%,终点钢水温度1580℃。

[0064] 2) 精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量0.006%;RH精炼真空保持时间15min,净吹时间8min;

3) 连铸工序,采用260\*1900断面,全程采用二冷电磁搅拌,动态轻压下技术,电搅参数320A,频率4HZ,凝固末端累计压下量6.9mm,控制铸坯等轴晶率达到42%。

[0065] 4) 铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1220℃,加热时间260min。

[0066] 5) 控制轧制工序,采用两阶段轧制,一阶段开轧温度1060℃,一阶段板坯的单道次压下量12%,且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率70%;第二阶段开始温度为920℃;末道次快速抛钢,抛钢速度2.8m/s,使钢板快速进入控冷区,DQ段开冷温度控制在800℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却,DQ段冷却速度为20℃/s,DQ段终冷温度为400℃;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷15s;ACC段冷却速度为4℃/s,终冷温度为150℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈 $10\sim 12^\circ$ 夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.9,ACC段上下集管水量比值2.2。

[0067] 7) 矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制7mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通过强力矫直机反复矫直7道次。

[0068] 采用上述方法生产的厚度规格为14mm的桥梁板,金相组织组成为铁素体(25%)和贝氏体组织(75%),其力学性能检测结果:屈服强度560MPa,抗拉强度676MPa,延伸率20%,屈强比0.83,V型纵向-40℃冲击功165J、172J、186J,180°弯曲试验合格,钢板无浪形缺陷,板形平直度满足 $\leq 5\text{mm}/2\text{M}$ ,探伤能力达到标准I级要求。

[0069] 实施例6

一种500Mpa级薄规格桥梁板,厚度16mm,化学成分质量百分比见表1;桥梁板焊接裂纹敏感性指数 $P_{\text{cm}}$ :0.19%。

[0070] 一种500Mpa级薄规格桥梁板的生产方法,包括转炉、精炼、连铸、铸坯加热、控制轧

制、控制冷却、矫直、探伤工序；

1) 转炉工序,采用双渣法冶炼,控制前期渣碱度1.3,全部吹炼时间9min,控制终渣碱度4.2,吹炼终点钢水C含量0.03%,P含量0.009%,终点钢水温度1550℃。

[0071] 2) 精炼工序,LF精炼全程采用白渣操作,控制出站S含量0.008%;RH精炼真空保持时间20min,净吹时间6min;

3) 连铸工序,采用260\*1900断面,全程采用二冷电磁搅拌,动态轻压下技术,电搅参数360A,频率4HZ,凝固末端累计压下量6.9mm,控制铸坯等轴晶率达到45%。

[0072] 4) 铸坯加热工序,铸坯加热终了时刻铸坯表面温度控制在1250℃,加热时间240min。

[0073] 5) 控制轧制工序,采用两阶段轧制,一阶段开轧温度1050℃,一阶段板坯的单道次压下量10%,且后三道单道次压下率 $\geq 17\%$ ,累计压下率75%;第二阶段开始温度为890℃;末道次快速抛钢,抛钢速度3.2m/s,使钢板快速进入控冷区,DQ段开冷温度控制在820℃;

6) 控冷工序采用直接淬火DQ+空冷+快速冷却ACC三段式冷却,DQ段冷却速度为20℃/s,DQ段终冷温度为500℃;钢板离开DQ段后进入空冷段,空冷10s;ACC段冷却速度为8℃/s,终冷温度为250℃;

DQ和ACC段投用的侧喷水需要覆盖整个辊道宽度,侧喷水与钢板上表面呈10~12°夹角分布,DQ段上下集管水量比值控制在1.7,ACC段上下集管水量比值2.0。

[0074] 7) 矫直工序,矫直机入口和出口矫直辊倾斜量控制6mm,保证矫直力 $\geq 16000\text{KN}$ ,通过强力矫直机反复矫直5道次。

[0075] 采用上述方法生产的厚度规格为16mm的桥梁板,金相组织组成为铁素体(23%)和贝氏体组织(77%),其力学性能检测结果:屈服强度565MPa,抗拉强度680MPa,延伸率20%,屈强比0.83,V型纵向-40℃冲击功155J、152J、173J,180°弯曲试验合格,钢板无浪形缺陷,板形平直度满足 $\leq 3\text{mm/M}$ ,探伤能力达到标准I级要求。

[0076] 表1 实施例1-4板坯化学成分组成及其质量百分含量(%)

实施例	C	Si	Mn	P	S	Als	Nb	V	Ti	Ni	Cr	N
1	0.07	0.10	1.65	0.015	0.003	0.015	0.025	0.035	0.012	0.12	0.25	0.0060
2	0.08	0.05	1.6	0.015	0.005	0.026	0.035	0.040	0.015	0.16	0.30	0.0065
3	0.08	0.03	1.58	0.016	0.004	0.016	0.028	0.045	0.020	0.17	0.22	0.0055
4	0.09	0.06	1.62	0.018	0.007	0.025	0.030	0.043	0.010	0.15	0.26	0.0042
5	0.08	0.05	1.60	0.017	0.006	0.045	0.035	0.042	0.022	0.18	0.20	0.0048
6	0.10	0.09	1.50	0.018	0.008	0.035	0.040	0.040	0.025	0.15	0.18	0.0050

表1中成分余量为Fe及不可避免的杂质。

[0077] 以上实施例仅用以说明而非限制本发明的技术方案,尽管参照上述实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解:依然可以对本发明进行修改或者等同替换,而不脱离本发明的精神和范围的任何修改或局部替换,其均应涵盖在本发明的权利要求范围当中。

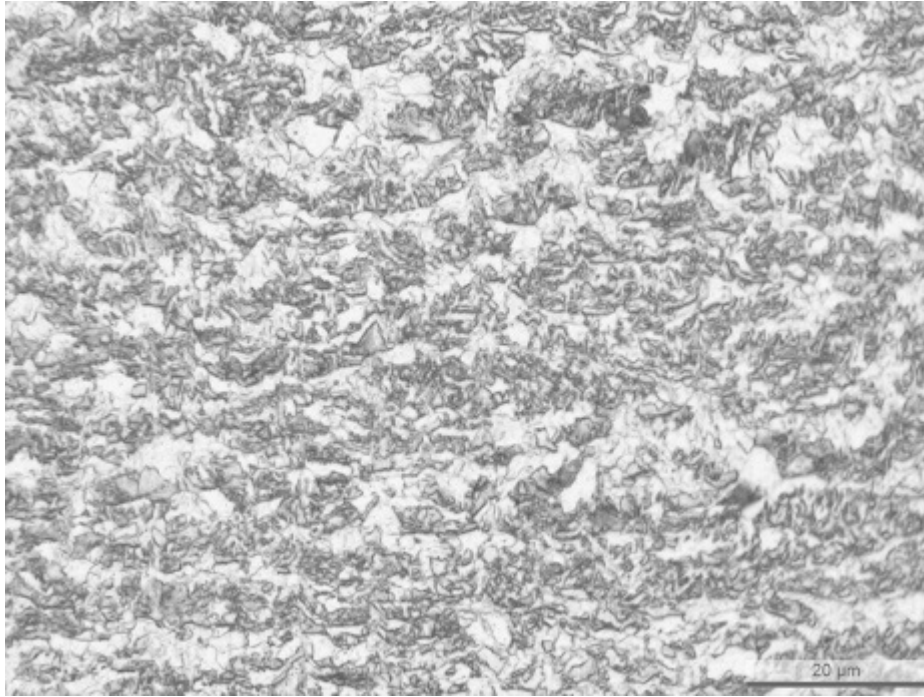


图1

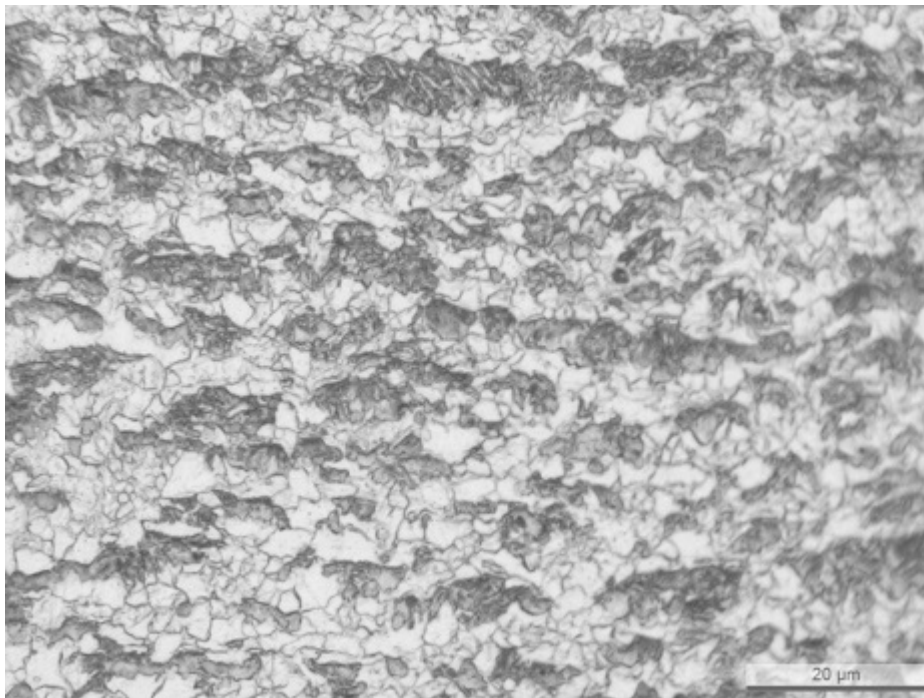


图2

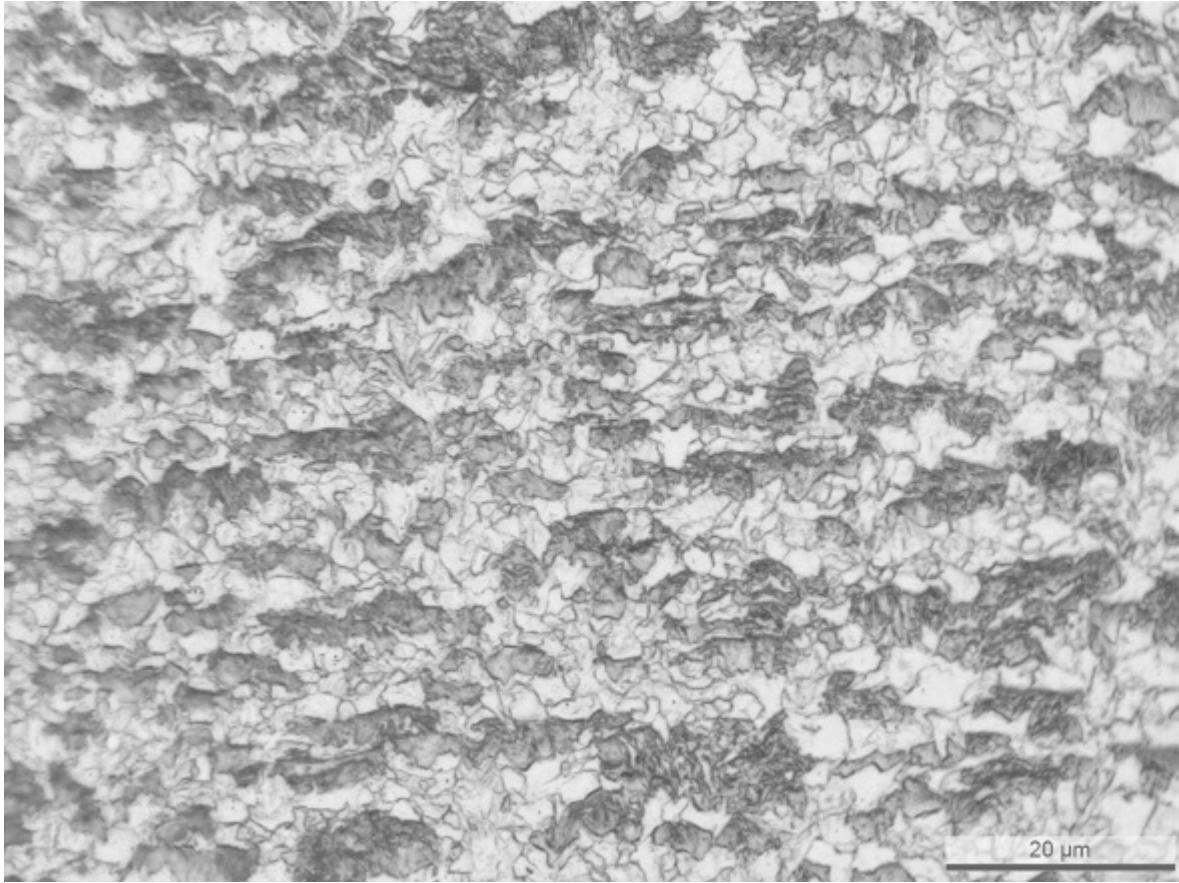


图3

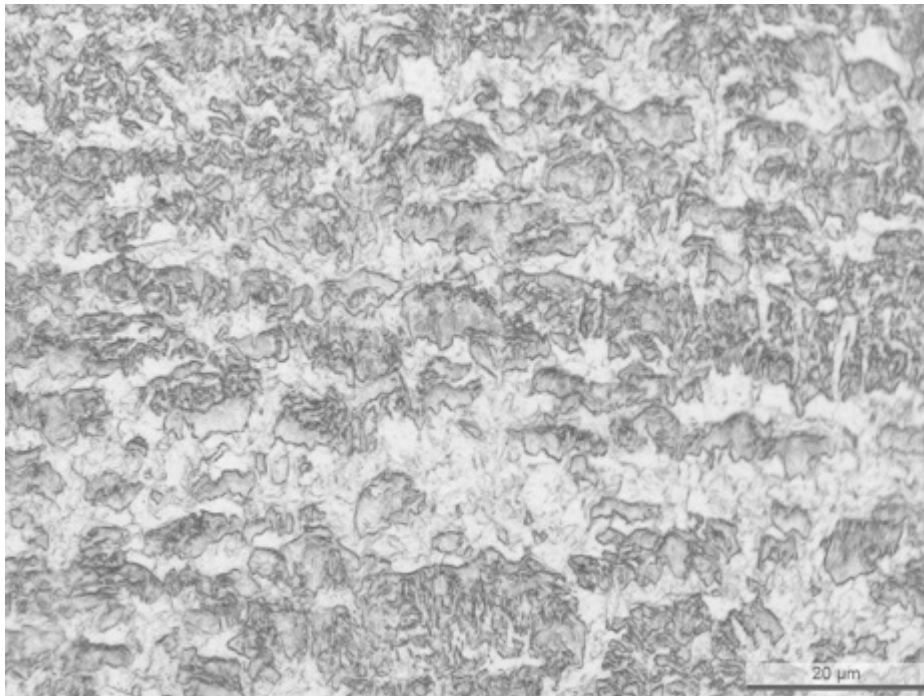


图4

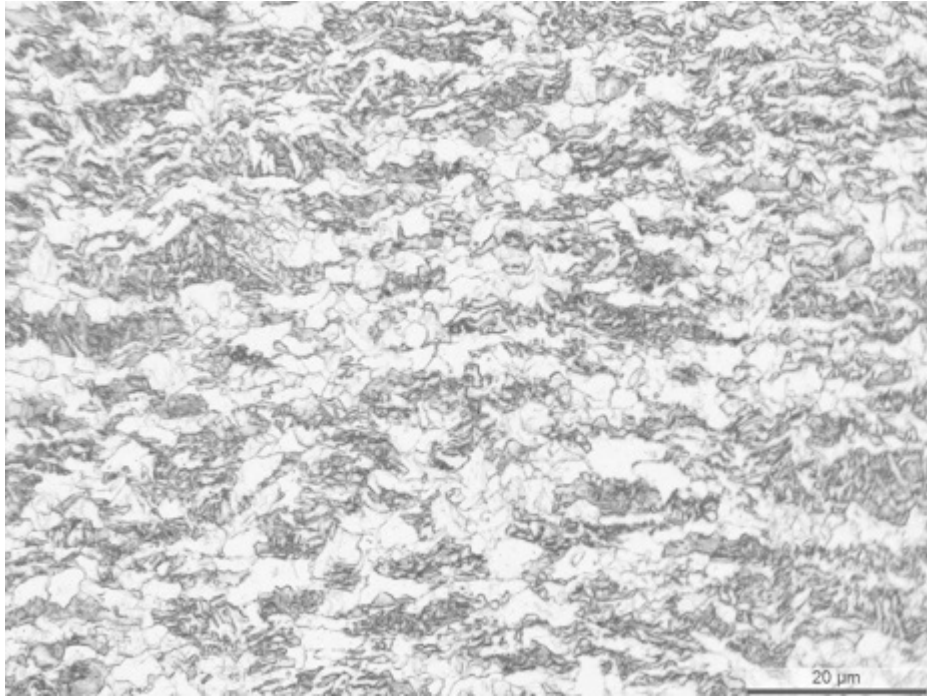


图5

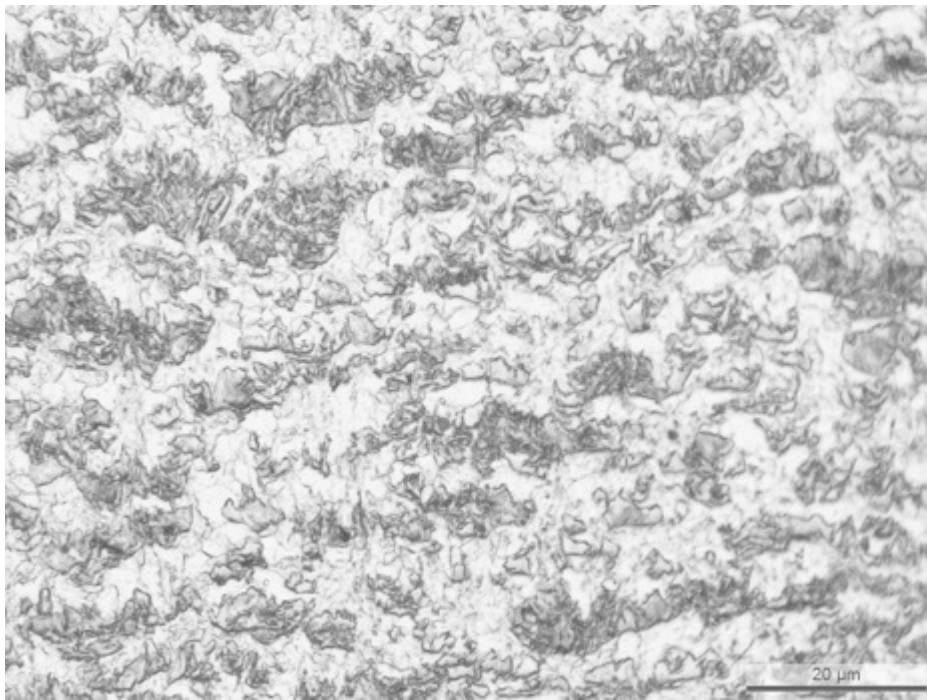


图6