



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110295320 B

(45) 授权公告日 2021. 11. 30

(21) 申请号 201910537008.4	C22C 38/04 (2006.01)
(22) 申请日 2019.06.20	C22C 38/06 (2006.01)
(65) 同一申请的已公布的文献号 申请公布号 CN 110295320 A	C22C 38/26 (2006.01)
(43) 申请公布日 2019.10.01	C22C 38/24 (2006.01)
(73) 专利权人 江阴兴澄特种钢铁有限公司 地址 214429 江苏省无锡市江阴市高新区 滨江东路297号	C22C 38/28 (2006.01)
(72) 发明人 许峰 白云 苗丕峰 林涛 孙宪进 石艾来 诸建阳	C22C 38/22 (2006.01)
(74) 专利代理机构 北京中济纬天专利代理有限公司 11429 代理人 赵海波	C21D 8/02 (2006.01)
(51) Int. Cl. C22C 38/02 (2006.01)	(56) 对比文件 CN 104099522 A, 2014.10.15 CN 109161790 A, 2019.01.08 CN 107604249 A, 2018.01.19 CN 107502821 A, 2017.12.22 CN 107937802 A, 2018.04.20 RU 2548536 C1, 2015.04.20 审查员 赵凯
	权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54) 发明名称

一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法

(57) 摘要

本发明涉及一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板,其特征在于:所述钢板化学成分按重量百分比为C 0.03-0.07, Si 0.2-0.4; Mn 1.0-1.4; Al 0.02-0.04; Nb 0.02-0.05; V ≤ 0.02; Ti 0.004-0.012; Cr 0.1-0.4; Mo 0.1-0.2; B ≤ 0.0005; P ≤ 0.012; S ≤ 0.001; [N] ≤ 0.005; [O] ≤ 0.005; [H] ≤ 0.0015; 冷裂纹敏感系数P_{cm} ≤ 0.19, 余量为Fe及不可避免的杂质。制造方法包括依次进行的KR铁水预处理、转炉冶炼、LF和RH精炼、板坯连铸、板坯加热、粗轧、中间坯冷却、精轧、ACC冷却等工序。本发明制造的钢板厚度35.1-44.2mm, 屈服强度380-440MPa, 抗拉强度490-570MPa, 延伸率 ≥ 33%, 屈强比 ≤ 0.90; -5℃落锤平均剪切面比 ≥ 85%。可满足在酸性环境下使用的大壁厚X52MS管线用钢, 具有良好的抗HIC性能和低温韧性。

CN 110295320 B

1. 一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板的制备方法,其特征在于:所述钢板化学成分按重量百分比为C 0.03-0.05, Si 0.2-0.4; Mn 1.0-1.4; Al 0.02-0.04; Nb 0.02-0.05; V \leq 0.02; Ti 0.004-0.012 ; Cr 0.1-0.4; Mo 0.1-0.2; B \leq 0.0005 ; P \leq 0.012; S \leq 0.001; [N] \leq 0.005; [O] \leq 0.005; [H] \leq 0.0015; 冷裂纹敏感系数Pcm \leq 0.19, 余量为Fe及不可避免的杂质;

所述方法包括以下步骤:

①冶炼原料依次经KR铁水脱硫预处理、转炉顶底吹炼、LF精炼、RH精炼和连铸工艺处理,形成厚度在300-450mm的高纯净连铸坯,连铸坯低倍中心偏析最低达到C0.5级,连铸完成后对连铸坯实施加罩缓冷,缓冷时间为 \geq 72小时;

②将连铸坯加热至1150~1230 $^{\circ}$ C,均热段保温180-210min,连铸坯出炉后使用高压水除鳞;

③进行粗轧,此阶段为再结晶区轧制,开轧温度在1000-1100 $^{\circ}$ C,后三道次单道次平均压下率 \geq 22%;

④中间坯冷却系统对待温坯料进行中间冷却,将粗轧后的坯料冷却到接近精轧开轧温度;

⑤进行精轧,此阶段为非再结晶区轧制,开轧温度为790-830 $^{\circ}$ C,终轧温度770-810 $^{\circ}$ C,累计道次压下率 \geq 60%;轧后热矫直;

⑥钢板轧制后进入ACC冷却设备进行冷却,冷速在10-20 $^{\circ}$ C/s,终冷温度控制在440-520 $^{\circ}$ C;

⑦钢板进行探伤精整即得钢板成品。

2. 根据权利要求1所述的一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板的制备方法,其特征在于:所述钢板的厚度为35.1-44.2mm,屈服强度380-440MPa,抗拉强度490-570MPa,延伸率 \geq 33%,屈强比 \leq 0.90;-5 $^{\circ}$ C落锤平均剪切面比 \geq 85%;可满足在低温酸性环境下使用。

一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,涉及一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法。

背景技术

[0002] 长输管线作为油气资源的主要输送方式,广泛应用在陆上、海底能源项目中。为满足高输气量、安全性的要求,对于含有硫化氢腐蚀气体的输送介质,通常采用抗湿硫化氢腐蚀的管线钢。随着钻探区域向沙漠、深海等环境恶劣的地区转移,大壁厚抗酸管线的需求越来越突出,产品的安全性决定着整个项目的设计实施。但是,该类管线钢属于大厚度抗酸管线钢,厚度越大,对制造工艺的要求越高,存在很多技术难点。首先,为保证大的压缩比,要有大厚度的高均质的连铸坯,而对于连铸坯来讲,厚度越大,偏析越大,缺陷越多,两者相互矛盾,难度极大。其次,为保证大厚度高均质连铸坯的生产,需要提供超纯净窄成分的钢水,夹杂物越少越好,对钢水纯净度和稳定度的要求超过目前任一种类的钢板。第三,本专利涉及的最大目标厚度44.2mm,当厚度超过30mm时,轧制过程中厚度表面、中心的变形量差异巨大,冷却过程中的温度梯度和冷速差异巨大,导致组织均匀性控制难度大,尤其是含有落锤要求大厚度抗腐蚀管线钢,组织调控难度大。目前大厚度抗湿硫化氢腐蚀管线钢的生产主要集中在德国、韩国和日本,国内管线钢最大应用厚度为33mm,33mm以上的大壁厚抗湿硫化氢腐蚀钢板未见有所报道,严重制约了我国在长输管线装备制造行业中的配套能力和总体竞争力。

[0003] 专利公告号CN102719614A提出了一种RH-LF-RH精炼生产抗酸管线钢的工艺,该专利设计生产流程为RH-LF-RH精炼工艺,与本专利LF-RH精炼生产工艺有所不同,且专利中实施例钢板最大厚度只有22.2mm,没有本专利厚度范围大;且该专利文中没有提及中间坯冷却技术。专利公告号CN102719728A(一种RH-LF-VD精炼生产抗酸管线钢的工艺)和专利公告号CN102676744A(一种VD-LF-VD精炼生产抗酸管线钢的工艺)也存在类似情况;

[0004] 专利公告号CN108624811A提出了一种大厚壁抗酸耐蚀管线钢及其生产方法,该专利设计生产流程为RH-LF精炼工艺,与本专利LF-RH精炼生产工艺有所不同,且设计成分与本专利有很大不同,该专利只提到了抗HIC性能,并未提到大厚壁抗酸耐蚀管线钢的落锤性能,本专利可满足35.1-44.2mm厚度X52MS的-5℃落锤平均剪切面比 $\geq 85\%$ 。

[0005] 本发明专利提出了一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法,采用低碳低锰微合金元素设计,控轧控冷结合特定中间坯冷却技术,可满足在-5℃低温酸性条件下使用的大壁厚X52MS抗酸管线用钢。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是针对上述现有技术提供一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法。

[0007] 本发明解决上述问题所采用的技术方案为：一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板，化学成分按重量百分比为C 0.03-0.05, Si 0.2-0.4; Mn 1.0-1.4; Al 0.02-0.04; Nb 0.02-0.05; $V \leq 0.02$; Ti 0.004-0.012; Cr 0.1-0.4; Mo 0.1-0.2; $B \leq 0.0005$; $P \leq 0.012$; $S \leq 0.001$; $[N] \leq 0.005$; $[O] \leq 0.005$; $[H] \leq 0.0015$; 冷裂纹敏感系数 (P_{cm}) ≤ 0.19 , 余量为Fe及不可避免的杂质。

[0008] 本发明采取了低碳低锰含量+Nb、Ti为主的微合金成分设计，加入少量Cr、Mo等合金，同时严格控制P、S、[O]、[N]、[H]等杂质元素含量和连铸坯中心偏析，充分发挥控轧控冷对组织的精细化调控。该钢板的具体生产步骤为：KR铁水预处理-转炉-LF精炼-RH真空脱气-板坯连铸-缓冷-连铸坯加热-粗轧-中间坯冷却-精轧-ACC冷却-性能检测-包装入库。

[0009] 本发明中各成分作用及其含量选择理由具体说明如下：

[0010] C：碳是提高强度最主要也是最廉价的元素，随着碳含量的增加，钢的强度增加，但同时对钢的塑韧性及焊接性能带来不利影响，本发明采用低碳设计，C含量选择范围为0.03-0.07%。

[0011] Si：脱氧元素，以固溶强化形式提高钢的强度，过低则影响脱氧效果，过高会对表面质量、韧性及焊接性能产生不利影响，综合考虑，本发明Si含量选择范围为0.2-0.4%。

[0012] Mn：低合金钢种基本合金元素，可弥补C过低导致的强度损失；是影响强度、淬透性、焊接性的主要合金元素之一。但过高的锰含量易产生Mn偏析，尤其是生产厚规格钢板时需要连铸厚板坯，过高Mn含量易在连铸坯中心形成偏析，降低钢板抗酸性能，综合考虑，本发明Mn含量的选择范围为1.0-1.4%；

[0013] Al：起脱氧和固氮的作用，并通过形成AlN起到细化晶粒的作用。本发明Al含量的选择范围为0.02-0.04%。

[0014] Nb：在控轧过程中，可提高奥氏体再结晶区温度范围，有效细化奥氏体晶粒从而达到细晶强化的效果，有利于强度和韧性的提高。在调质处理过程中，固溶的Nb会形成NbC以弥散强化的形式析出，能够提高强度而不损害韧性，综合考虑，本发明Nb含量的选择范围为0.02-0.05%。

[0015] Ti：通过形成TiN起到析出强化的作用，有效细化晶粒，但是过多的Ti含量会引起钛的氮化物粗化，对低温韧性产生不利影响。本发明Ti含量的选择范围为0.004-0.012%。

[0016] Cr：提高淬透性的主要元素，可很好的弥补C含量较低导致强度和淬透性下降的不足。含量过高时，则会对低温冲击韧性和焊接性有不利影响。本发明Cr含量的选择范围为0.1-0.4%。

[0017] Mo：加入适量的Mo可提高材料的淬透性，同时可推迟铁素体转变，是控制相变过程的重要合金元素；本发明Mo含量的选择范围为0.1-0.2%。

[0018] P、S、[O]、[N]、[H]：作为钢中的主要杂质元素，对钢板的低温韧性会产生不利影响，尤其是心部低温韧性，在较低合金含量下，控制越低越好。根据现有实际生产条件，本发明P、S、[O]、[N]、[H]含量的选择范围为 $P \leq 0.012\%$, $S \leq 0.001\%$, $[N] \leq 0.005$, $[O] \leq 0.005$, $[H] \leq 0.0015$ 。

[0019] 一种LF-RH精炼工艺生产的大壁厚X52MS抗酸管线钢板及其制造方法，包含以下工艺步骤：

[0020] (1) 在炼钢工序中，采用KR铁水预处理、转炉冶炼、LF精炼、RH真空脱气处理生产出

高纯净钢水,然后通过特厚连铸板坯生产工艺生产出300-450mm厚度连铸板坯,连铸坯低倍中心偏析最低达到C0.5级,然后,对连铸坯进行加罩堆垛缓冷扩氢处理,堆垛缓冷时间 ≥ 72 小时。

[0021] (2) 将连铸坯加热至1150~1230℃,均热段保温180-210min,使钢中的合金元素充分固溶以保证性能的均匀性,连铸坯出炉后使用高压水除鳞。

[0022] (3) 进行两阶段轧制,第一阶段为再结晶区粗轧轧制,开轧温度在1000-1100℃,后三道次单道次平均压下率 $\geq 22\%$;粗轧轧制结束后,将中间坯进入冷却系统对待温坯料进行中间冷却,使其快速达到精轧的开轧温度,由于连铸坯厚度较厚,采用空冷的时间会较长;第二阶段为非再结晶区精轧轧制,开轧温度为790-830℃,终轧温度770-810℃,累计道次压下率 $\geq 60\%$;精轧轧制后钢板金相组织为多边形铁素体和少量珠光体,晶粒度 ≤ 8 级,轧后热矫直。

[0023] (4) 钢板轧制后进入ACC冷却设备进行冷却,冷速在10-20℃/s。终冷温度控制在440-520℃。

[0024] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

[0025] 1) 本发明采用低碳低锰+Nb、Ti为主,另加入少量Cr、Mo等合金,同时严格控制P、S、[O]、[N]、[H]等杂质元素含量和连铸坯中心偏析,生产出高纯净度的优质坯料。

[0026] 2) 采用特定的轧制工艺,粗轧阶段尤其后三道次采用低速大压下(后三道次要求压缩比 $\geq 22\%$),保证变形能充分渗透到钢板的芯部,提高钢板厚度方向上变形均匀性。精轧阶段累计道次压下率 $\geq 60\%$,以保证硬化的奥氏体晶粒充分压扁、拉长。

[0027] 3) 采用中间坯冷却系统对待温坯料进行中间冷却,将粗轧后的坯料冷却到接近精轧开轧温度,既减少中间坯料待温时间提高生产节奏,并有效抑制中间坯冷却后奥氏体晶粒长大。

[0028] 4) 按照本发明生产的钢板,在满足强度的基础上,具有良好低温韧性及抗腐蚀性能,屈服强度380-440MPa,抗拉强度490-570MPa,延伸率 $\geq 33\%$,屈强比 ≤ 0.90 ; -5℃落锤平均剪切面比 $\geq 85\%$;可满足在酸性环境下使用的大壁厚X52MS管线用钢。

附图说明

[0029] 图1为本发明35.1mm厚度钢板的中心处显微组织照片。

[0030] 图2为本发明38.3mm厚度钢板的中心处显微组织照片。

[0031] 图3为本发明44.2mm厚度钢板的中心处显微组织照片。

[0032] 图4为本发明实施例1的三种试样HIC试验的检测面图片。

[0033] 图5为本发明实施例2的三种试样HIC试验的检测面图片。

[0034] 图6为本发明实施例3的三种试样HIC试验的检测面图片。

具体实施方式

[0035] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0036] 实施例1-3:

[0037] 根据本发明的化学成分范围及制造方法,经KR铁水预处理—转炉冶炼—LF精炼—RH真空脱气—连铸—连铸坯加罩缓冷—连铸坯检查清理—铸坯加热—高压水除鳞—粗

轧—中间坯冷却—精轧—ACC冷却等工艺步骤,制造厚度35.1mm(实施例1)和38.3mm(实施例2)和44.2mm(实施例3)的酸性条件下使用的钢板。

[0038] 上述加热、轧制和冷却阶段的具体工艺为:将370mm厚度连铸坯加热至1180℃,保温180min(实施例1、2)或450mm厚度连铸坯加热至1200℃,保温210min(实施例3),连铸坯出炉后使用高压水除鳞;然后进行两阶段轧制,第一阶段开轧温度1060℃(实施例1和2)或1050℃(实施例3),中间坯厚度145mm(实施例1)、142mm(实施例2)和158mm(实施例3),后三道次单道次平均压下率25%(实施例1)、23%(实施例2)和22%(实施例3);第二阶段开轧温度为820℃,累计道次压下率76%(实施例1)或第二阶段开轧温度815℃,累计道次压下率73%(实施例2)或第二阶段开轧温度810℃,累计道次压下率72%(实施例3),最终钢板厚度为35.1mm(实施例1)、38.3mm(实施例2)和44.2mm(实施例3)。轧后进行ACC加速冷却,冷却速度19℃/S(实施例1)或21℃/S(实施例2)或23℃/S(实施例3),终冷温度控制在500℃(实施例1)或490℃(实施例2)或480℃(实施例3)。

[0039] 实施例1、2和3制得的钢板化学成分见表1,钢板的力学性能见表2,钢板的HIC实验检测结果如图4、图5和图6所示。

[0040] 表1实施例1、2和3钢板的化学成分(wt.%)

实例	C	Si	Mn	Al	Nb+Ti	Cr+Mo	P	S	[O]	[N]	[H]
1	0.035	0.25	1.20	0.03	0.042	≤0.5	0.008	0.0004	0.0010	0.0019	0.0001
2	0.04	0.24	1.22	0.03	0.039	≤0.5	0.009	0.0005	0.0009	0.0021	0.0001
3	0.04	0.25	1.20	0.03	0.041	≤0.5	0.008	0.0005	0.0010	0.0023	0.0001

[0042] 表2实施例1、2和3钢板的力学性能

实施例	厚度/mm	屈服强度/MPa	抗拉强度/MPa	断后伸长率/%	屈强比	-5℃落锤剪切面比/%
实施例1	35.1mm	426	500	62	0.85	95/92
实施例2	38.3mm	395	505	65	0.82	90/88
实施例3	44.2mm	415	495	72	0.84	86/90

[0044] 表3实施例1、2和3中X52MS钢板的抗HIC性能

实施例	试样编号	裂纹长度率 CLR%	CLR% 平均值	裂纹宽度率 CTR%	CTR% 平均值	裂纹敏感率 CSR%	CSR% 平均值	备注
1	11	0	0	0	0	0	0	HIC 试验标准: NACE TM 0284-2011
	12	0		0		0		
	13	0		0		0		
2	21	0	0	0	0	0	0	
	22	0		0		0		
	23	0		0		0		
3	31	0	0	0	0	0	0	
	32	0		0		0		
	33	0		0		0		

[0046] 除上述实施例外,本发明还包括有其他实施方式,凡采用等同变换或者等效替换方式形成的技术方案,均应落入本发明权利要求的保护范围之内。

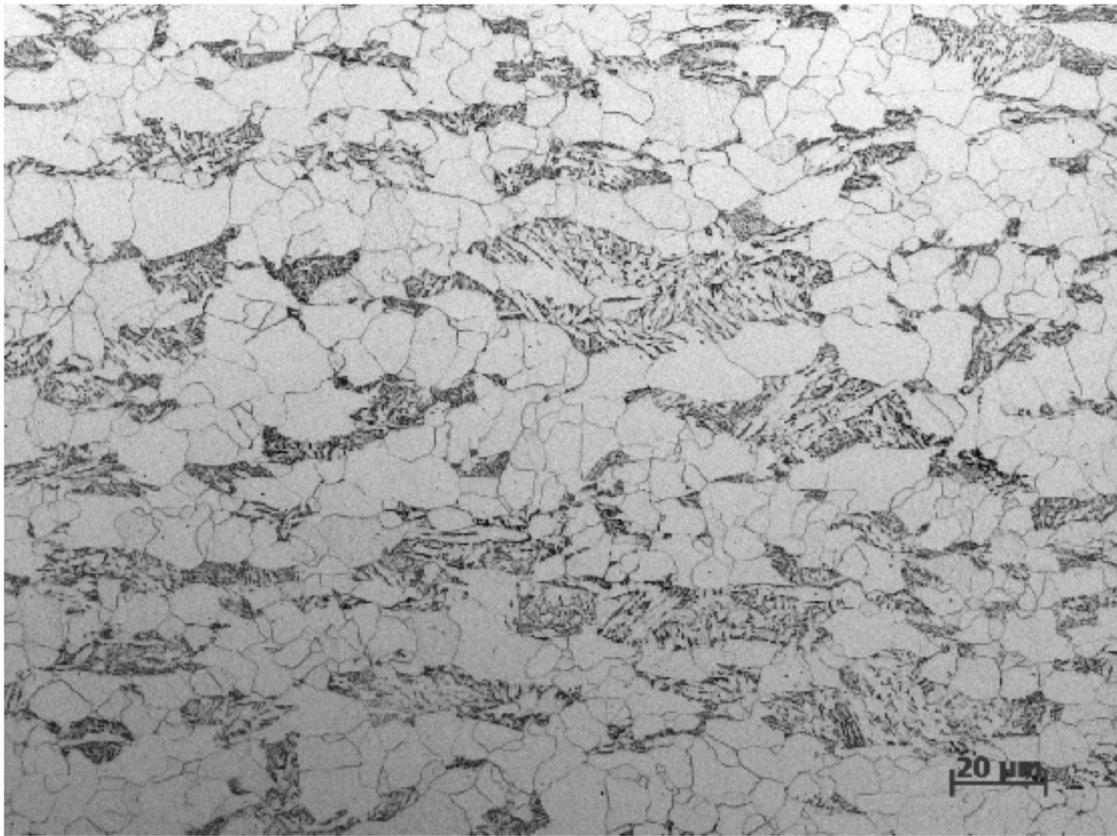


图1

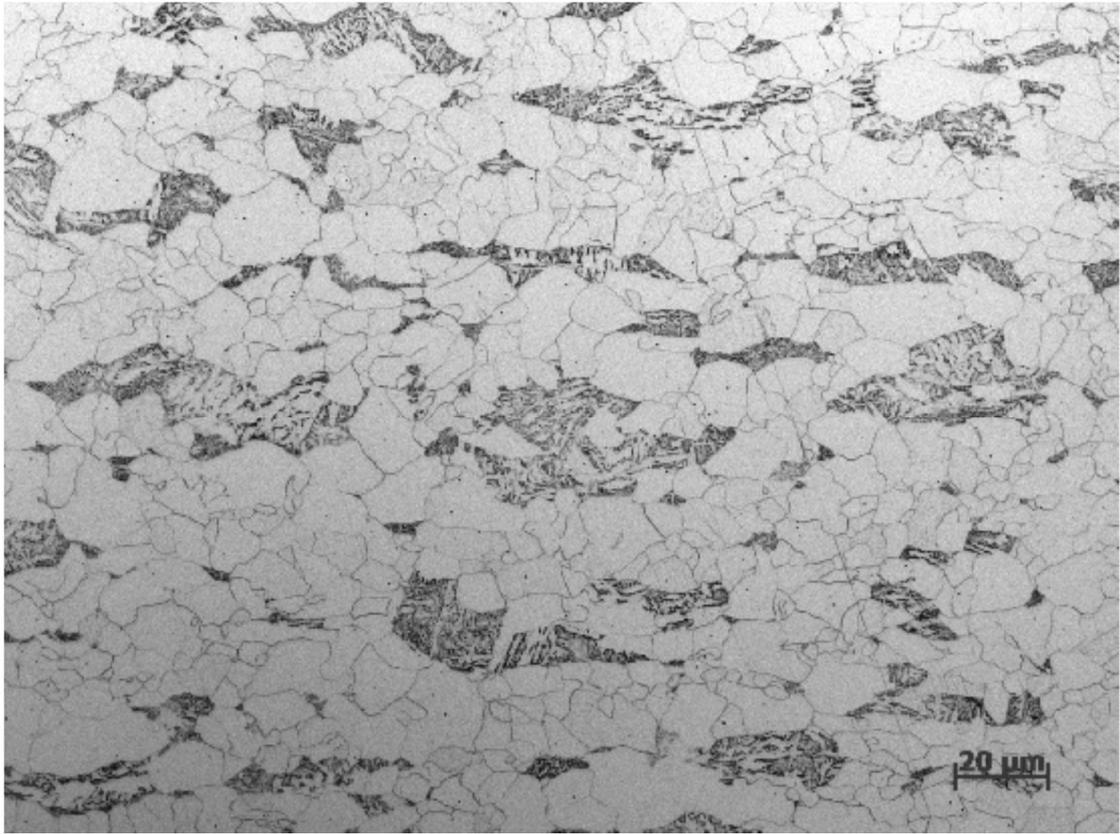


图2

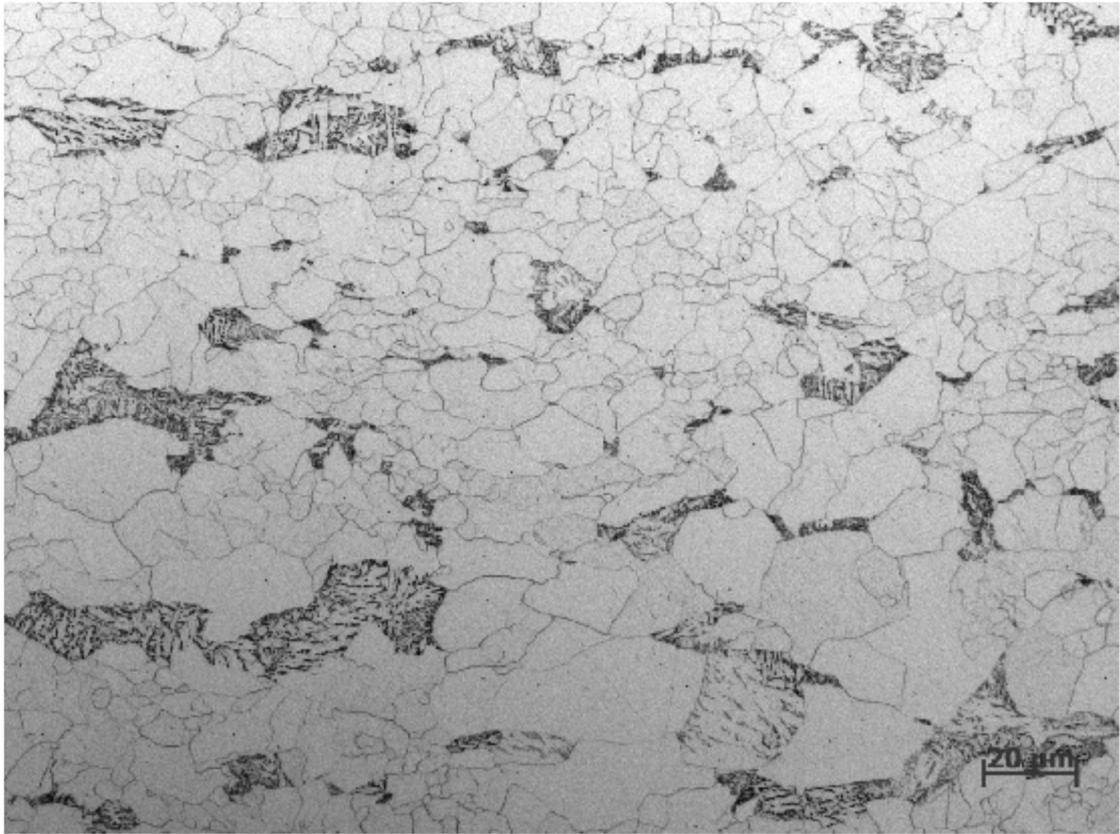


图3



11 无裂纹 no crack



12 无裂纹 no crack



13 无裂纹 no crack

图4



21 无裂纹 no crack



22 无裂纹 no crack



23 无裂纹 no crack

图5



31 无裂纹 no crack



32 无裂纹 no crack



33 无裂纹 no crack

图6