



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112458365 A

(43) 申请公布日 2021.03.09

(21) 申请号 202011230424.9 *G22C 38/58* (2006.01)

(22) 申请日 2020.11.06 *G22C 38/48* (2006.01)

(71) 申请人 新余钢铁股份有限公司 *G22C 38/50* (2006.01)  
地址 338000 江西省新余市铁焦路 *G22C 38/42* (2006.01)  
*G22C 38/44* (2006.01)

(72) 发明人 熊文名 刘坚锋 董富军 廖桑桑 *G21D 8/02* (2006.01)  
朱永宽 刘敏 吕继平 吴翔 *G21D 1/28* (2006.01)  
王琨铭 熊雄 张菊根 张邹华 *G21D 9/00* (2006.01)  
周焱民 闫博 李磊 熊慎凯  
熊桂华 胡振平

(74) 专利代理机构 芜湖安汇知识产权代理有限公司  
公司 34107  
代理人 尹婷婷

(51) Int.Cl.  
*G22C 38/02* (2006.01)  
*G22C 38/06* (2006.01)

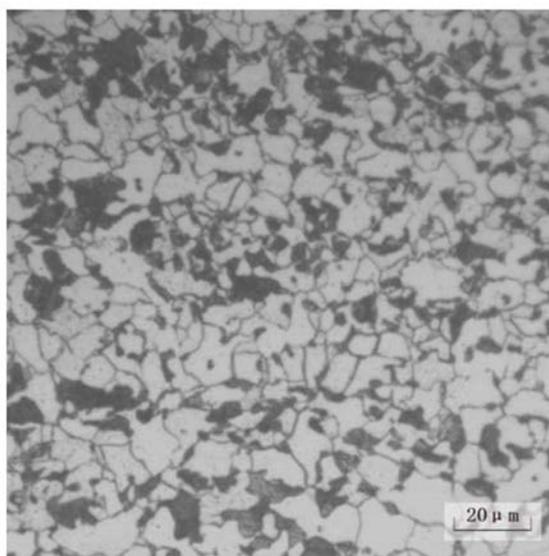
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法

(57) 摘要

本发明公开了一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法,包括以下重量百分比的化学成分:C:0.15~0.18%,Si:0.35~0.45%,Mn:1.50~1.60%,P: $\leq 0.015\%$ ,S: $\leq 0.005\%$ ,Nb:0.025~0.035%,Als:0.015~0.035%,Ti:0.020~0.030%,CEV:0.43~0.45%,余量为Fe和不可避免的杂质;采用调整廉价元素硅、钛,如提高硅、钛含量,取消钒元素的添加,通过优化坯料加热工艺、轧制工艺、正火工艺实现厚度 $\geq 60\text{mm}$ 、屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ 综合力学性能优良的高强韧厚船板钢的生产;该方法经济、高效,适合批量化大生产,为降低钢板制造成本提高产品市场竞争力提供了有力的保证。



1. 一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板,其特征在于,包括以下重量百分比的化学成分:C:0.15~0.18%,Si:0.35~0.45%,Mn:1.50~1.60%,P: $\leq 0.015\%$ ,S: $\leq 0.005\%$ ,Nb:0.025~0.035%,Als:0.015~0.035%,Ti:0.020~0.030%,CEV:0.43~0.45%,余量为Fe和不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板,其特征在于,所述无钒正火高强韧厚船板的金相组织为铁素体+珠光体。

3. 根据权利要求1所述的厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板,其特征在于,所述无钒正火高强韧厚船板的屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ ,抗拉强度 $\geq 570\text{MPa}$ ,屈强比 $\leq 0.68$ ,A $\geq 33\%$ , $-40^\circ\text{C}$ 纵向冲击功 $\geq 150\text{J}$ 。

4. 如权利要求1-3任意一项所述的厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板的生产方法,其特征在于,所述生产方法包括以下步骤:将含有权利要求1所述无钒正火高强韧厚船板的成分的铸坯经加热、控轧控冷、正火热处理工艺生产得到。

5. 根据权利要求4所述的生产方法,其特征在于,所述加热步骤中,采用步进梁式加热炉进行加热;加热预热段 $\leq 900^\circ\text{C}$ ,一加段 $\leq 1150^\circ\text{C}$ ,二加段 $1230\sim 1250^\circ\text{C}$ ,均热段 $1225\sim 1245^\circ\text{C}$ ;厚度 $\geq 300\text{mm}$ 的铸坯在炉时间7~7.5h,煤气配比值0.75~0.85。

6. 根据权利要求4所述的生产方法,其特征在于,所述控轧控冷步骤中,第一阶段在再结晶区轧制,开轧温度 $\geq 1050^\circ\text{C}$ ,终轧温度控制在 $1010\sim 1050^\circ\text{C}$ ;第二阶段在未再结晶区轧制,开轧温度为 $850\sim 870^\circ\text{C}$ ,终轧温度为 $800\sim 840^\circ\text{C}$ ;轧后空冷。

7. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述开轧温度为 $1070\sim 1085^\circ\text{C}$ 。

8. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述控轧控冷步骤中,中间待温厚度为:(成品厚度+50mm)~(成品厚度 $\times 2$ )。

9. 根据权利要求6-8任意一项所述的生产方法,其特征在于,对于厚度为100mm以上的无钒正火高强韧厚船板,无需进行中间待温和第二阶段轧制,即在第一阶段轧制之后直接进行空冷。

10. 根据权利要求6所述的生产方法,其特征在于,所述正火热处理步骤中,钢板正火温度为 $890\sim 900^\circ\text{C}$ ,钢板在炉时间为 $1.6\times 1.2H+0.3H$  min,其中,H为钢板的成品厚度。

## 一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于船用钢板技术领域,具体涉及一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法。

### 背景技术

[0002] 厚度在 $60\text{mm}$ 以上的低合金高均质厚钢板,由于其高强度、低温韧性良好、焊接性能优良及较低的成本等特性,已经成为船舶制造领域及海洋工程领域不可或缺的材料,广泛应用于造船、海洋平台、海上风电基础桩、海底管线和海洋能源设备建设等关键承载部位。因此,对轧后船板钢进行热处理非常必要。通过正火,钢的组织和性能均得到大大改善,如可以细化铁素体晶粒,可以显著提高低温时效性能,可以提高冲击性能等。

[0003] 现有技术中为了生产得到厚度 $\geq 60\text{mm}$ 、屈服强度 $\geq 355\text{MPa}$ 的厚船板,通常在碳锰基础上添加一定的铌、钒( $0.05\sim 0.06\%$ )、钛微合金来保证其高强高韧的综合力学性能,但是这种成分体系的船板钢的制造成本较高,在市场上无竞争力。

### 发明内容

[0004] 为了解决上述技术问题,在降低制造成本的同时还能生产得到厚度 $\geq 60\text{mm}$ 、屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ 的高强韧厚船板,本发明提供了一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法,采用调整廉价元素硅、钛,如提高硅、钛含量,取消钒元素的添加,通过优化坯料加热工艺、轧制工艺、正火工艺实现厚度 $\geq 60\text{mm}$ 、屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ 综合力学性能优良的高强韧厚船板钢的生产。该方法经济、高效,适合批量化大生产,为降低钢板制造成本提高产品市场竞争力提供了有力的保证。

[0005] 本发明采取的技术方案为:

[0006] 一种厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板,包括以下重量百分比的化学成分:C:  $0.15\sim 0.18\%$ , Si:  $0.35\sim 0.45\%$ , Mn:  $1.50\sim 1.60\%$ , P:  $\leq 0.015\%$ , S:  $\leq 0.005\%$ , Nb:  $0.025\sim 0.035\%$ , Al:  $0.015\sim 0.035\%$ , Ti:  $0.020\sim 0.030\%$ , CEV:  $0.43\sim 0.45\%$ , 余量为Fe和不可避免的杂质。

[0007] 进一步地,所述无钒正火高强韧厚船板的金相组织为铁素体+珠光体。

[0008] 所述无钒正火高强韧厚船板的屈服强度 $\geq 380\text{MPa}$ ,抗拉强度 $\geq 570\text{MPa}$ ,屈强比 $\leq 0.68$ ,A $\geq 33\%$ , $-40^\circ\text{C}$ 纵向冲击功 $\geq 150\text{J}$ 。

[0009] 本发明还提供了所述的厚度 $\geq 60\text{mm}$ 的无钒正火高强韧厚船板的生产方法,包括以下步骤:将含有上述化学成分的铸坯经加热、控轧控冷、正火热处理工艺生产得到。

[0010] 进一步地,所述加热步骤中,采用步进梁式加热炉进行加热;加热预热段 $\leq 900^\circ\text{C}$ ,一加段 $\leq 1150^\circ\text{C}$ ,二加段 $1230\sim 1250^\circ\text{C}$ ,均热段 $1225\sim 1245^\circ\text{C}$ ;厚度 $\geq 300\text{mm}$ 的铸坯在炉时间 $7\sim 7.5\text{h}$ ,煤气配比值 $0.75\sim 0.85$ 。

[0011] 进一步地,所述控轧控冷步骤中,第一阶段在再结晶区轧制,开轧温度 $\geq 1050^\circ\text{C}$ ,终轧温度控制在 $1010\sim 1050^\circ\text{C}$ ;第二阶段在未再结晶区轧制,开轧温度为 $850\sim 870^\circ\text{C}$ ,终轧

温度为800~840℃;轧后空冷。

[0012] 更进一步地,所述开轧温度优选为1070~1085℃。

[0013] 进一步地,所述控轧控冷步骤中,中间待温厚度为:(成品厚度+50mm)~(成品厚度×2)。

[0014] 进一步地,对于厚度为100mm以上的无钒正火高强韧厚船板,无需进行中间待温和第二阶段轧制,即在第一阶段轧制之后直接进行空冷。

[0015] 进一步地,所述正火热处理步骤中,钢板正火温度为890~900℃,钢板在炉时间为 $1.6 \times 1.2H + 0.3H$  min,其中,H为钢板的成品厚度。

[0016] 本发明技术方案的总体思路为:

[0017] 正火厚规格高强韧钢板通常采用铌钒钛细化晶粒及析出强化元素来满足综合力学性能。V在合金元素中,是钢中的强化元素,对于Nb、V的五种碳氮化物完全固溶的温度是:NbC—1106℃,NbN—1099℃,Nb(C,N)—1220℃,VC—784℃,VN—977℃。显然,钒有更高的溶解度,含钒钢中可以得到更高体积分数的析出相,因此也具有产生更大析出强化的能力,但是钒是贵重合金元素,含有V元素的钢板的成本较高。

[0018] 取消钒后,在不增加其他强化作用元素情况下保证钢板的高强韧综合力学性能,就需要更加准确控制晶粒大小,使组织成分均匀,而本发明为了生产得到组织成分均匀的厚度 $\geq 60$ mm、屈服强度 $\geq 380$ MPa的高强韧厚船板,采用了以下方法:

[0019] 1)对已有廉价元素进行微调,如提高硅、钛含量;

[0020] 2)优化加热工艺,使钢坯加热充分,原始组织、成分均匀;

[0021] 3)轧制中间待温厚度降低,保证粗轧高温区较高道次压下量时细化再结晶晶粒尺寸;

[0022] 4)采用较低的正火温度,通常正火板保温温度为Ac<sub>3</sub>+ (30~50)℃,而本发明采用Ac<sub>3</sub>+ (10~20)℃的正火板保温温度;降低钢板在炉时间,常用工艺的钢板正火保温的在炉时间为 $1.7 \times 1.3H + 0.3H$ ,而本发明工艺中的钢板正火保温的在炉时间为 $1.6 \times 1.2H + 0.3H$ ,这样既能保证正火后组织晶粒的均匀性,又可避免加热温度偏高晶粒长大。

[0023] 与现有技术相比,本发明存在以下优点:

[0024] 本发明通过取消贵重V元素的添加,提高廉价元素的含量,优化加热、轧制、正火工艺有效控制晶粒大小、组织均匀性及组织成分均匀性来满足高强韧厚规格船板钢的各项性能。通过对成品钢板两头宽度方向性能均匀性进行检测,发现利用此发明技术在降低钢板制造成本的同时,钢板的各项性能均匀性优异,充分体现了本发明技术的优越性。

## 附图说明

[0025] 图1为实施例1中60mmEH36钢板厚度1/4处金相组织图;

[0026] 图2为实施例1中60mmEH36钢厚钢板厚度1/2处金相组织图;

[0027] 图3为实施例2中100mmEH36钢钢板厚度1/4处金相组织图;

[0028] 图4为实施例2中100mmEH36钢厚钢板厚度1/2处金相组织图;

[0029] 图5为比较例1中60mmEH36钢板厚度1/4处金相组织图;

[0030] 图6为比较例1中60mmEH36钢厚钢板厚度1/2处金相组织图;

[0031] 图7为比较例2中100mmEH36钢钢板厚度1/4处金相组织图;

[0032] 图8为比较例2中100mmEH36钢厚钢板厚度1/2处金相组织图。

### 具体实施方式

[0033] 下面结合实施例对本发明进行详细说明。

[0034] 实施例和比较例的高强韧船板钢的化学成分、加热、轧制、正火工艺参数及性能分别如表1-6所示。

[0035] 表1实施例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢的化学成分及含量 (wt%)

| 编号        | 实施例 1 | 实施例 2 |
|-----------|-------|-------|
| 钢种        | EH36  | EH36  |
| C         | 0.16  | 0.17  |
| Mn        | 1.55  | 1.57  |
| Si        | 0.38  | 0.42  |
| P         | 0.012 | 0.012 |
| S         | 0.003 | 0.003 |
| Nb        | 0.028 | 0.034 |
| Ti        | 0.022 | 0.025 |
| Als       | 0.018 | 0.032 |
| CEV (碳当量) | 0.43  | 0.45  |

[0038] 表2实施例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢的加热、轧制及热处理工艺

| 编号              | 实施例1  | 实施例2  |
|-----------------|-------|-------|
| 钢种              | EH36  | EH36  |
| 二加段加热温度/°C      | 1232  | 1245  |
| 均热段加热温度/°C      | 1228  | 1240  |
| 厚度300mm坯料在炉时间/h | 7.1   | 7.4   |
| 煤气配比值           | 0.78  | 0.81  |
| 粗轧开轧温度/°C       | 1075  | 1081  |
| 粗轧终轧温度/°C       | 1015  | 1020  |
| 待温厚度/mm         | 120   | /     |
| 精轧开轧温度/°C       | 865   | /     |
| 精轧终轧温度/°C       | 824   | /     |
| 返红温度/°C         | 空冷    | 空冷    |
| 正火热处理在炉时间/min   | 133.2 | 222   |
| 钢板正火保温温度/°C     | 895±5 | 895±5 |

[0040] 注:H为成品钢板厚度

[0041] 表3实施例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢实物性能

| 编号           | 钢种   | 屈服强度<br>/MPa | 抗拉强度<br>/MPa | 屈强比  | A/%  | -40℃纵向冲击功/J     |
|--------------|------|--------------|--------------|------|------|-----------------|
| [0042] 实施例 1 | EH36 | 383          | 575          | 0.67 | 33.5 | 164.6/150.6/156 |
| 实施例 2        | EH36 | 380          | 570          | 0.67 | 34.0 | 154.3/169/158.9 |

[0043] 注:表中的-40℃纵向冲击功的数据是同一批工艺生产得到的三组样品所测试得到的数据

[0044] 表4比较例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢的化学成分及含量 (wt%)

| 编号        | 比较例1  | 比较例2  |
|-----------|-------|-------|
| [0045] 钢种 | EH36  | EH36  |
| C         | 0.16  | 0.17  |
| Mn        | 1.54  | 1.58  |
| Si        | 0.30  | 0.35  |
| P         | 0.013 | 0.013 |
| S         | 0.003 | 0.003 |
| Nb        | 0.027 | 0.032 |
| Ti        | 0.016 | 0.018 |
| V         | 0.052 | 0.055 |
| Als       | 0.020 | 0.030 |
| CEV (碳当量) | 0.44  | 0.456 |

[0046] 表5比较例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢的加热、轧制及热处理工艺

| 编号                | 比较例 1 | 比较例 2 |
|-------------------|-------|-------|
| [0047] 钢种         | EH36  | EH36  |
| 二加段加热温度/℃         | 1246  | 1248  |
| 均热段加热温度/℃         | 1240  | 1245  |
| 厚度 300mm 坯料在炉时间/h | 6.5   | 6.5   |
| 煤气配比值             | 0.78  | 0.81  |
| 粗轧开轧温度/℃          | 1084  | 1086  |

|        |               |        |        |
|--------|---------------|--------|--------|
| [0048] | 粗轧终轧温度/°C     | 1022   | 1018   |
|        | 待温厚度/mm       | 150    | /      |
|        | 精轧开轧温度/°C     | 862    | /      |
|        | 精轧终轧温度/°C     | 828    | /      |
|        | 返红温度/°C       | 空冷     | 空冷     |
|        | 正火热处理在炉时间/min | 133.2  | 222    |
|        | 钢板正火保温温度/°C   | 920±10 | 920±10 |

[0049] 注:H为成品钢板厚度

[0050] 表6比较例1-2中规格60mm、100mm高强韧船板钢实物性能

| 编号           | 钢种   | 屈服强度<br>/MPa | 抗拉强度<br>/MPa | 屈强比  | A/%  | -40°C纵向冲击功/J      |
|--------------|------|--------------|--------------|------|------|-------------------|
| [0051] 比较例 1 | EH36 | 385          | 552          | 0.70 | 29.5 | 116.8/128.5/100.5 |
| 比较例 2        | EH36 | 382          | 546          | 0.70 | 30.0 | 116.9/120/118.9   |

[0052] 注:表中的-40°C纵向冲击功的数据是同一批工艺生产得到的三组样品所测试得到的数据

[0053] 从表1-3中的实施例和表4-6中的比较例可以看出,与比较例相比,实施例中取消钒元素其他成分相类似,通过调整坯料加热温度、加热时间、轧制待温厚度以及钢板热处理工艺,得到均匀细晶粒的铁素体+珠光体组织,如图1-4所示;从而得到稳定、优良的高强高韧综合性能。而比较例除了晶粒粗大、大小不均匀外,心部还存在大量贝氏体组织如图5-8所示。

[0054] 上述参照实施例对一种厚度 $\geq 60$ mm的无钒正火高强韧厚船板及其生产方法进行详细描述,是说明性的而不是限定性的,可按照所限定范围列举出若干个实施例,因此在不脱离本发明总体构思下的变化和修改,应属本发明的保护范围之内。

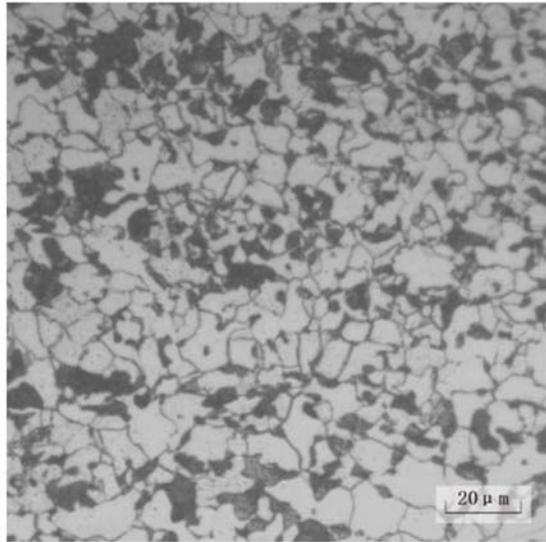


图1

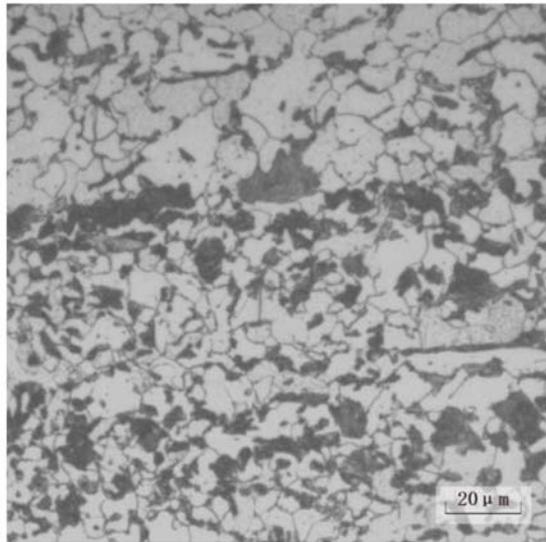


图2

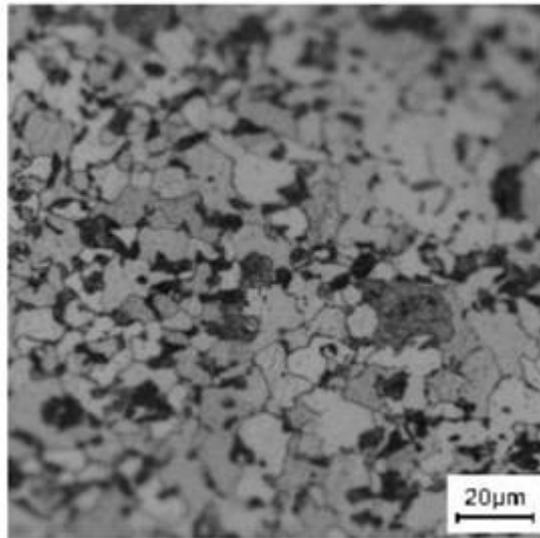


图3

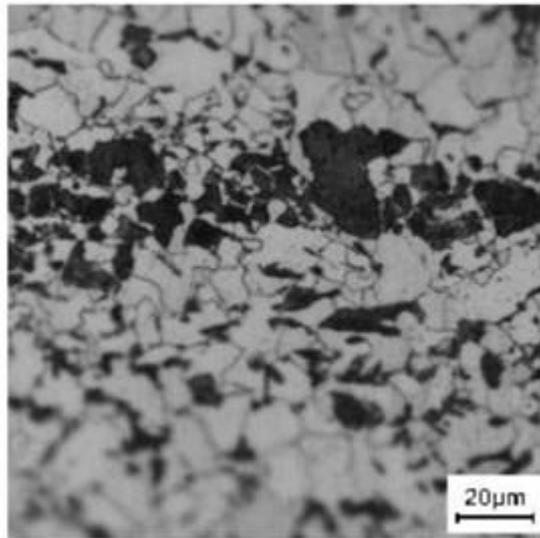


图4

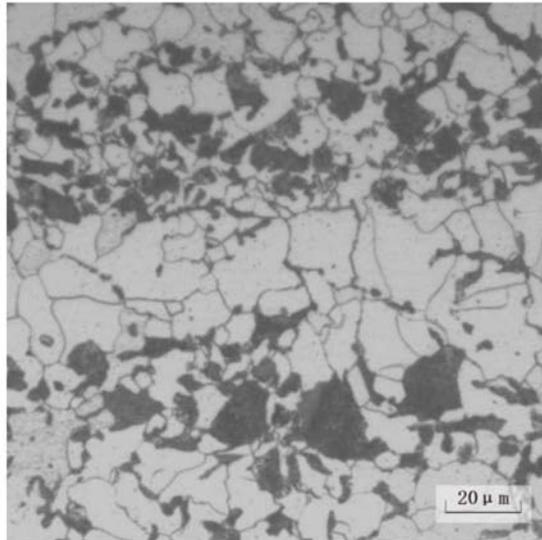


图5

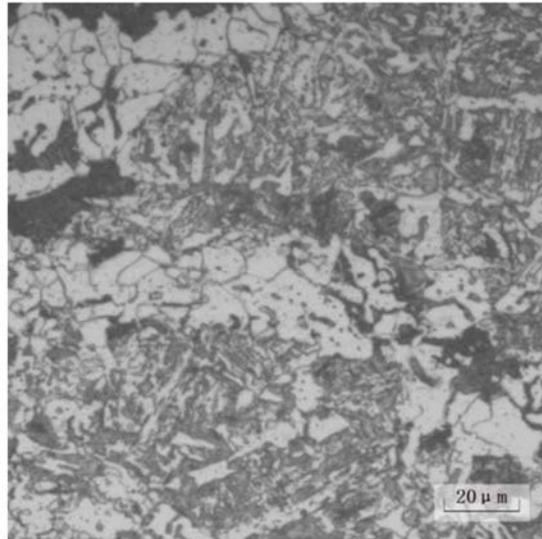


图6

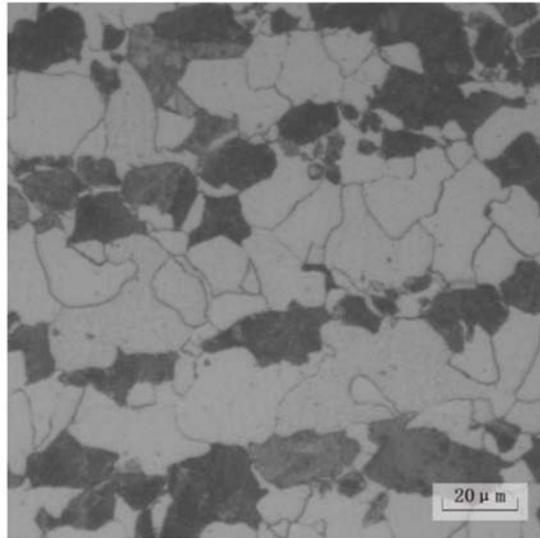


图7

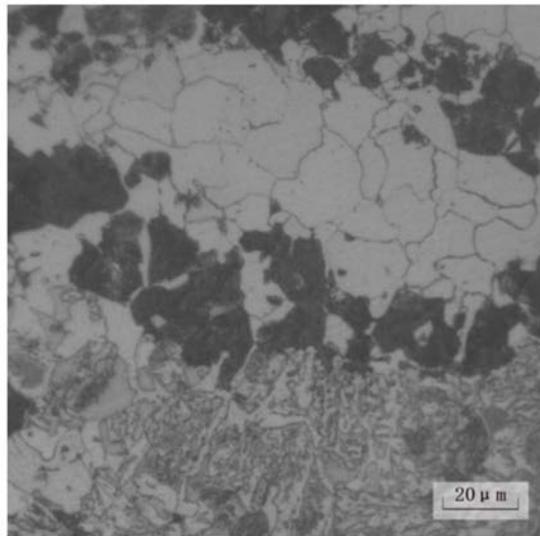


图8