



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105506500 B

(45)授权公告日 2017.08.25

(21)申请号 201410503769.5

审查员 周航

(22)申请日 2014.09.26

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105506500 A

(43)申请公布日 2016.04.20

(73)专利权人 宝山钢铁股份有限公司

地址 201900 上海市宝山区富锦路885号

(72)发明人 姚赞 张忠铎 金峰

(74)专利代理机构 上海开祺知识产权代理有限公司 31114

代理人 竺明

(51)Int.Cl.

G22C 38/48(2006.01)

G22C 33/04(2006.01)

G21D 8/02(2006.01)

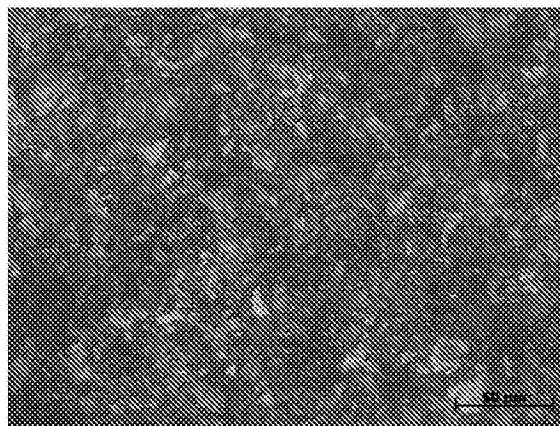
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种具有优良低温性能的高强度盘条及其制造方法

(57)摘要

一种具有优良低温性能的高强度盘条及其制造方法,其成分重量百分比为:C:0.82-0.90%、Si:0.20-0.40%、Mn:0.76-1.2%、Ni:0.52-1.3%、Cu:0.01-0.35%、Cr:0.15-0.30%、Mo:0.01-0.20%、V:0.01-0.15%、Nb:0.01-0.06%、Al:0.012-0.045%、Ca:0.0005-0.003%,S: $\leq$ 0.01%,其余为Fe和不可避免杂质;其中, $Ni+0.95Mn+0.75Cu \geq 1.30\%$ , $Ni/Cu \geq 2.0$ , $Cr+1.2Mo \leq 0.40\%$ , $(Cr+1.2Mo) \times (V+1.5Nb) \geq 0.005$ ,且 $Ca/S \geq 0.1$ ,盘条组织中片层间距为90-250nm索氏体球团所占比率高于95%,球团直径为15-55 $\mu$ m。本发明加工的钢丝在低温下仍具有较好的塑韧性,可以满足低温环境应用需求。



1. 一种具有优良低温性能的高强度盘条,其成分重量百分比为:C:0.82-0.90%、Si:0.20-0.40%、Mn:0.76-1.2%、Ni:0.52-1.3%、Cu:0.01-0.35%、Cr:0.15-0.30%、Mo:0.01-0.20%、V:0.01-0.15%、Nb:0.01-0.06%、Al:0.012-0.045%、Ca:0.0005-0.003%,S $\leq$ 0.01%,其余为Fe和不可避免杂质,且满足Ni+0.95Mn+0.75Cu $\geq$ 1.30%,Ni/Cu $\geq$ 2.0。

2. 如权利要求1所述的具有优良低温性能的高强度盘条,其特征是,所述盘条的成分中,Cr+1.2Mo $\leq$ 0.40%,(Cr+1.2Mo)  $\times$  (V+1.5Nb)  $\geq$ 0.005,且,Ca/S $\geq$ 0.1。

3. 如权利要求1~2中任何一项所述的具有优良低温性能的高强度盘条,其特征是,还包含有W:0.005-0.045%,重量百分比计。

4. 如权利要求1~3中任何一项所述的具有优良低温性能的高强度盘条,其特征是,所述盘条组织中片层间距为90-250nm索氏体球团所占比率高于95%,球团直径为15-55 $\mu$ m。

5. 如权利要求1或2所述的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其特征是,包括如下步骤:

#### 1) 冶炼、铸造

按权利要求1或2所述的成分经电炉或转炉冶炼、铸造成坯;电炉冶炼后采用LF炉精炼和VD脱气或转炉冶炼后进行LF炉精炼和RH处理;采用方坯连铸机将合金浇注成大方坯,坯料断面尺寸为250-500 $\times$ 250-500mm,中间包浇铸温度控制在1520~1560 $^{\circ}$ C之间,连铸过程采用结晶器电磁搅拌和凝固末端轻压下;

#### 2) 坯料及盘条轧制

将连铸坯加热后初轧开坯为140-250mm方坯料,其中加热温度控制范围为1100~1220 $^{\circ}$ C,连铸坯料总压下量需大于30%;对初轧坯料进行二次加热,完成盘条轧制;其中加热控制在950~1150 $^{\circ}$ C,保温时间为1.5~3h;盘条高速线材轧制过程中控制轧制速度为23~40m/s,精轧机组进口温度控制为890~990 $^{\circ}$ C,减定径机组进口温度为860~980 $^{\circ}$ C,吐丝温度为820~950 $^{\circ}$ C;

#### 3) 盘条控制冷却

斯太尔摩线14台风机风量调整范围为:F1-F8风机风量为70~100%,F9-F12风机风量为0~100%,F13-F14风机风量为0~45%;盘条吐丝后相变前冷却速度控制在10~13 $^{\circ}$ C/s,进入保温罩温度控制范围为580~720 $^{\circ}$ C,保温罩内冷却速度控制范围为0.15~1.0 $^{\circ}$ C/s,保温时间高于100s,经斯太尔摩控制冷却后盘条组织中片层间距为90-250nm的索氏体占比高于96%,同时索氏体球团细化,直径小于55 $\mu$ m。

6. 如权利要求5所述的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其特征是,电炉或转炉冶炼过程按低N、低P操作方法进行,吹炼过程微正压控制;LF处理工程中,造碱性渣充分脱硫,至S元素含量低于0.01%,并进行底吹氩,使钢液中夹杂物与渣充分接触脱除;VD或RH真空处理时间大于30分钟,最终控制钢中O含量低于20ppm,N含量低于45ppm,H含量低于2ppm;出钢前喂入Si-Ca丝。

7. 如权利要求5所述的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其特征是,连铸过程采用结晶器电磁搅拌和凝固末端轻压下,末端总压下量大于8mm,控制坯料心部碳偏析低于1.10。

8. 如权利要求5所述的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其特征是,坯料初轧后进行表面缺陷检测,检测流程包括如下步骤:涡流探伤、磁粉探伤、砂轮修模、补充磁粉

探伤及修磨。

9. 如权利要求5所述的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其特征是,所述高强度盘条成分中,还包含有W:0.005-0.045%,重量百分比计。

## 一种具有优良低温性能的高强度盘条及其制造方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及低合金钢盘条,特别涉及一种具有优良低温性能的高强度盘条及其制造方法,一种用于冷拉拔高强度钢丝的低合金钢盘条,制成的冷拉钢丝具有良好的低温性能,可应用于低温环境下石化、建筑工程上。

### 背景技术

[0002] 高强度钢丝在桥梁、高架、隧道、石化、核电等工程建设上应用广泛,目前主要通过热轧盘条进行冷拉拔加工,通过合金强化和加工硬化来提高强度。钢丝强度越高,工程建设所用材料减少,可以达到节约成本的目的。国内外钢铁生产企业、钢丝加工企业和研究院所对高强度钢丝用钢及钢丝拉拔生产工艺开展了深入的研究。

[0003] 中国专利CN01649416B提供了一种强度达到1200MPa以上的高弹钢盘条,主要是在SWRH82B合金成分基础进行改进,通过添加Cr和V来提高强度,还可以选择性的添加Ni、Cu、B、Mo元素及用Ti和Nb进行微合金化,该盘条可用于加工高强度冷拉钢丝。

[0004] 中国专利CN103122437A公开的钒硅复合微合金化超高强度盘条及其制造方法,该盘条包括C:0.85-0.95%、Si:0.95-1.10%、Mn:0.50-0.60%、Cr:0.20-0.35%、Ti:0.01-0.05%、Al:0.005-0.050%、V:0.11-0.15%。上述盘条具有较高的强度,其抗拉强度在1370MPa以上,可用于生产2140MPa级的预应力钢绞线。

[0005] 中国专利CN103805861A发明一种盘条强度高达1560MPa、可用于加工2300MPa等级钢丝的高碳高硅材料。其合金设计为C:0.88-0.94%,Si:1.25-1.50%,Mn:0.45-0.55%,Cr:0.25-0.45%,V:0.16-0.20%,Ti:0.02-0.08%,还可以考虑加入Al、B、Nb和Mo。

[0006] 随着钢丝强度不断提高,其塑韧性降低,特别是在低温应用环境中,强度越高钢丝脆化倾向越明显,钢丝塑韧性下降到极低水平无法保证工程安全,但目前专利提供的材料主要还是在如何进一步提高钢丝强度。随着高强钢丝在低温环境下应用机会的增加,急需对材料低温性能进行改善和提高。

### 发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种具有优良低温性能的高强度盘条及其制造方法,该盘条抗拉强度高于1200MPa,索氏体化率 $\geq 95\%$ , $-60^{\circ}\text{C}$ 低温下面缩率高于12%,延伸率高于10%,其加工的钢丝在低温下仍具有较好的塑韧性,可以满足低温环境应用需求。

[0008] 为达到上述目的,本发明的技术方案是:

[0009] 一种具有优良低温性能的高强度盘条,其成分重量百分比为:C:0.82-0.90%、Si:0.20-0.40%、Mn:0.76-1.2%、Ni:0.52-1.3%、Cu:0.01-0.35%、Cr:0.15-0.30%、Mo:0.01-0.20%、V:0.01-0.15%、Nb:0.01-0.06%、Al:0.012-0.045%、Ca:0.0005-0.003%,S $\leq 0.01\%$ ,其余为Fe和不可避免杂质。

[0010] 进一步,所述高强度盘条成分中, $\text{Ni}+0.95\text{Mn}+0.75\text{Cu} \geq 1.30\%$ , $\text{Ni}/\text{Cu} \geq 2.0$ 。

[0011] 优选地,所述高强度盘条成分中, $\text{Cr}+1.2\text{Mo} \leq 0.40\%$ , $(\text{Cr}+1.2\text{Mo}) \times (\text{V}+1.5\text{Nb}) \geq$

0.005,且 $Ca/S \geq 0.1$ 。

[0012] 优选地,所述高强度盘条还含有W:0.005-0.045%。

[0013] 另外,本发明所述盘条组织中片层间距为90-250nm索氏体球团所占比率高于95%,球团直径为15-55 $\mu$ m。

[0014] 在本发明钢的成分设计中:

[0015] C元素是保证盘条及钢丝高强度所必需的化学成分,盘条在高温轧制后的控冷过程中将形成以索氏体为主的显微组织,该组织中渗碳体片层将起到强化材料的作用。提高合金碳含量将有利于控冷过程中盘条中形成更大体积分数的渗碳体,从而使得材料强度提高。但当钢中碳含量过高时将导致合金凝固过程中成分偏析加剧,材料韧性恶化。因此,C含量的范围选择为0.82-0.90%。

[0016] 冶炼过程中Si元素常作为脱氧剂加入钢中,同时固溶于盘条铁素体相中的Si将显著提高材料强度。过高的Si元素添加又会导致材料韧性急剧降低特别是在低温环境下,为保证合金经大减面率拉拔后仍能具有较好的韧性,Si元素添加量必须加以控制,因此Si元素范围为0.20-0.40%。

[0017] Mn元素在炼钢过程易与钢中的有害元素S结合形成MnS,降低S偏析造成对材料韧性的损害。此外,Mn还是钢中常用的强化元素,除起到固溶强化的作用外还可以形成合金渗碳体,此外Mn的加入还有利于材料低温塑韧性的提高。但当Mn含量过高时将增大钢晶粒粗化的和成分偏析倾向,因此选择Mn的范围在0.76-1.20%。

[0018] Ni元素对于降低材料脆性转变温度的作用是其它元素不可替代的,通过Ni元素的添加可显著提高材料低温韧性,特别是在同时发挥Ni、Mn、Cu元素的共同作用时。但Ni作为一种战略资源,成本很高,添加过多将使材料经济性降低,同时过多的Ni元素将导致合金淬透性过高冷却过程中极易发生马氏体转变,增加斯太尔摩生产控制难度,因此Ni元素控制范围为0.52-1.3%。

[0019] Cu元素作为奥氏体稳定元素同样也有利于材料韧性的提高,但加入过多的Cu不仅会使材料成本增加,另外还会导致 $\epsilon$ -Cu的弥散析出还可能导致铜脆的发生损害材料韧性,Cu的适宜添加量为0.01-0.35%。为充分发挥Ni、Mn、Cu元素改善合金低温韧性的作用其添加量需满足如下关系式的要求: $Ni+0.95Mn+0.75Cu \geq 1.30\%$ ,同时 $Ni/Cu \geq 2.0$ 。

[0020] Cr、Mo元素的添加有利于盘条轧后冷却过程中形成均匀细化的索氏体显微组织,但过多的Cr、Mo元素的添加将使合金淬透性大幅提高,马氏体组织控制难度过大,因此其添加范围为Cr:0.15-0.30%、Mo:0.01-0.20%,同时满足 $Cr+1.2Mo \leq 0.40\%$ 的要求。

[0021] 微合金化的V元素在热轧过程主要固溶于奥氏体中,将在后续冷却过程中以VN和VC的形式沉淀析出强化盘条。Nb的碳氮化物易于在轧制过程中析出,达到细化晶粒和索氏体球团的目的,改善低温韧性,其添加范围为V:0.01-0.15%、Nb:0.01-0.06%,同时 $(Cr+1.2Mo) \times (V+1.5Nb) \geq 0.005$ 。

[0022] S元素含量过高将增加材料脆性,特别是当出现偏析时,因此需要将其控制不高于0.01%,同时S与Mn形成的MnS夹杂物尺寸较大时对于材料韧性不利,需通过Ca元素的添加来改性MnS夹杂物,同时使长条状的MnS夹杂物在大减面率的拉丝过程中发现断裂,弥散分布,降低对钢丝塑韧性的影响。钢中Ca元素控制范围为Ca:0.0005-0.003%,同时Ca/S需不高于0.1。

[0023] W元素的添加有利于提高材料的淬透性和强度,同时还可以防止有害元素在晶界和片层相界面的富集使材料脆化,改善材料塑韧性,但超过0.045%则对合金低温塑韧性不利,因此钢中可进一步添加0.005-0.045%的W。

[0024] 目前高强度钢丝主要通过热轧盘条进行直接拉拔生产,因此盘条组织是决定最终拉拔钢丝组织的最关键因素之一,需通过细化盘条组织达到改善材料塑韧性特别是低温性能的目的,因此本发明的盘条组织中片层间距为90-250nm索氏体球团所占比率需高于96%,同时索氏体球团直径控制范围为15-55 $\mu\text{m}$ 。通过成分设计和组织控制材料低温塑韧性改善,其0 $^{\circ}\text{C}$ 到-60 $^{\circ}\text{C}$ 低温塑韧性可提高10%以上。

[0025] 本发明的具有优良低温性能的高强度盘条的制造方法,其包括如下步骤:

[0026] 1) 冶炼、铸造

[0027] 按上述成分经电炉或转炉冶炼、铸造成坯;电炉冶炼后采用LF炉精炼和VD脱气或转炉冶炼后进行LF炉精炼和RH处理;采用方坯连铸机将合金浇注成大方坯,坯料断面尺寸为250-500 $\times$ 250-500mm,中间包浇铸温度控制在1520~1560 $^{\circ}\text{C}$ 之间,连铸过程采用结晶器电磁搅拌和凝固末端轻压下;

[0028] 2) 坯料及盘条轧制

[0029] 将连铸坯加热后初轧开坯为140-250mm方坯料,其中加热温度控制范围为1100~1220 $^{\circ}\text{C}$ ,连铸坯料总压下量需大于30%;对初轧坯料进行二次加热,完成盘条轧制;其中加热控制在950~1150 $^{\circ}\text{C}$ ,保温时间为1.5~3h;盘条高速线材轧制过程中控制轧制速度为23~40m/s,精轧机组进口温度控制为890~990 $^{\circ}\text{C}$ ,减定径机组进口温度为860~980 $^{\circ}\text{C}$ ,吐丝温度为820~950 $^{\circ}\text{C}$ ;

[0030] 3) 盘条控制冷却

[0031] 盘条轧制后通过调整斯太尔摩线风机风量控制盘条组织转变,优化盘条组织;斯太尔摩线14台风机风量调整范围为:F1-F8风机风量为70~100%,F9-F12风机风量为0~100%,F13-F14风机风量为0~45%;盘条吐丝后相变前冷却速度控制在10~13 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,进入保温罩温度控制范围为580~720 $^{\circ}\text{C}$ ,保温罩冷却速度控制范围为0.15~1.0 $^{\circ}\text{C}/\text{s}$ ,保温时间高于100S,经斯太尔摩控制冷却后盘条组织中片层间距为90-250nm的索氏体占比高于96%,同时索氏体球团细化,直径小于55 $\mu\text{m}$ 。

[0032] 进一步,电炉或转炉冶炼过程按低N、低P操作方法进行,吹炼过程微正压控制;LF处理工程中,造碱性渣充分脱硫,至S元素含量低于0.01%,并进行底吹氩,使钢液中夹杂物与渣充分接触脱除;VD或RH真空处理时间大于30分钟,最终控制钢中O含量低于20ppm,N含量低于45ppm,H含量低于2ppm;出钢前喂入Si-Ca丝。

[0033] 又,连铸过程采用结晶器电磁搅拌和凝固末端轻压下,末端总压下量大于8mm,控制坯料心部碳偏析低于1.10。

[0034] 另外,坯料初轧后进行表面缺陷检测,检测流程包括如下步骤:涡流探伤、磁粉探伤、砂轮修模、补充磁粉探伤及修磨。

[0035] 本发明的有益效果:

[0036] 本发明盘条显微组织主要以细化的索氏体为主(索氏体化率 $\geq$ 96%),盘条抗拉强度高于1200MPa,特别是其低温塑韧性改善,-60 $^{\circ}\text{C}$ 低温下面缩率高于12%,延伸率高于10%,提高了材料安全可靠,可应用于加工高强度钢丝在寒冷地区及石化行业低温环境

工程建设上实现应用。

### 附图说明

[0037] 图1为本发明实施例7盘条显微组织照片,90-250nm尺寸索氏体球团所占比率达到96%,球团直径均值为28um。

### 具体实施方式

[0038] 下面结合实施例对本发明做进一步说明。

[0039] 表1中所示为本发明的实施例1-9盘条及对比合金的化学成分。

[0040]

表 1

单位: 重量百分比

	C	Si	Mn	Cr	V	Ni	Cu	Al	Nb	Mo	W	Ca	S
实施例1	0.82	0.40	0.86	0.18	0.05	0.52	0.01	0.015	0.01	0.02		0.0005	0.002
实施例2	0.87	0.20	0.76	0.30	0.01	0.70	0.15	0.03	0.06	0.01		0.0015	0.008
实施例3	0.90	0.35	1	0.15	0.1	0.6	0.08	0.045	0.02	0.10		0.003	0.010
实施例4	0.85	0.25	1.2	0.20	0.15	0.52	0.20	0.02	0.01	0.15		0.001	0.003
实施例5	0.86	0.20	0.8	0.15	0.03	1.3	0.01	0.015	0.02	0.2		0.002	0.001
实施例6	0.83	0.30	0.9	0.25	0.07	0.75	0.35	0.035	0.01	0.01		0.0028	0.005
实施例7	0.90	0.26	0.76	0.20	0.02	0.70	0.03	0.015	0.03	0.10	0.005	0.002	0.010
实施例8	0.85	0.33	1	0.17	0.13	1.2	0.35	0.02	0.05	0.17	0.003	0.0023	0.0009
实施例9	0.88	0.25	1.2	0.30	0.06	0.52	0.01	0.045	0.01	0.01	0.0045	0.0005	0.004
对比例1	0.82	0.35	0.75	0.30	0.03							0.003	0.010
对比例2	0.87	0.25	0.9	0.15	0.07	0.25			0.02				0.004
对比例3	0.90	0.2	1.2	0.20	0.15	0.40	0.06	0.03				0.0002	0.015

[0041] 实施例1-9的盘条的制造方法如下：

[0042] 实施例1、2、5、7、9和对比例1采用电炉+LF+VD冶炼，实施例3、4、6、8和对比例2、3采用转炉+LF+RH工艺冶炼，控制钢中S元素含量低于0.01%，同时控制钢中O含量低于20ppm，N含量低于45ppm，H含量低于2ppm。出钢前喂入Si-Ca线。VD或RH真空处理时间分别为35和40分钟。采用方坯连铸机将合金浇注成大方坯，坯料断面尺寸为250-500×250-500mm。实施例1-3和对比例1中间包浇铸温度为1520℃，实施例4-6和对比例2中间包浇铸温度为1540℃，实施例7-9和对比例3中间包浇铸温度为1560℃，同时连铸过程采用结晶器电磁搅拌和凝固末端轻压下，其中实施例1-5末端总压下量为12mm，实施例6-8和对比例1、2末端总压下量为15mm，其中实施例9和对比例3末端总压下量为18mm。

[0043] 将连铸坯加热后进行初轧开坯，其中实施例1-3坯料加热温度为1100℃，轧制140mm方坯；实施例4-5和对比例1、2加热温度为1180℃，轧制坯料尺寸为200mm；实施例6-9和对比例3加热温度为1220℃，轧制方坯尺寸为250mm方坯料。对方坯料进行涡流探伤、磁粉探伤、砂轮修模、补充磁粉探伤及修模，去除表面轧制裂纹、折叠、耳子等缺陷。对初轧坯料进行二次加热，其中实施例1-5加热温度为950℃保温时间为3小时，实施例6、7和对比例1、2坯料加热温度为1100℃保温时间为2小时，实施例8、9和对比例3加热温度为1150℃保温时间为1.5小时，随后进行盘条轧制。其中实施例1、2和对比例1坯料高速线材轧制速度为23m/s，精轧机进口温度为900℃，减定径机组进口温度为860℃，吐丝温度为820℃；其中实施例3-5和对比例2坯料高速线材轧制速度为30m/s，精轧机进口温度为890℃，减定径机组进口温度为870℃，吐丝温度为840℃；其中实施例6、7和对比例3坯料高速线材轧制速度为45m/s，精轧机进口温度为960℃，减定径机组进口温度为940℃，吐丝温度为930℃；其中实施例8、9坯料高速线材轧制速度为35m/s，精轧机进口温度为990℃，减定径机组进口温度为980℃，吐丝温度为950℃。

[0044] 盘条轧制后通过调整斯太尔摩线风机分量控制盘条组织转变，优化盘条组织。其中实施例1-3和对比例1盘条轧后斯太尔摩线F1-F8风机风量为100%，F9-F12风机风量为65%，F13-F14风机风量为0%。其中实施例4-6盘条轧后斯太尔摩线F1-F8风机风量为90%，F9-F10风机风量为80%，F11-F12风机风量为0%，F13-F14风机风量为20%。其中实施例7-9和对比例2、3盘条轧后斯太尔摩线F1-F8风机风量为70%，F9-F10风机风量为100%，F11-F13风机风量为0%，F14风机风量为45%。

[0045] 本发明的实施例1-9盘条及对比材料显微组织和力学性能如下表2中所示。

[0046] 表2 盘条显微组织及力学性能



[0047]

	索氏体化率	抗拉强度/MPa (-60℃)	面缩率 (-60℃)	延伸率 (-60℃)
实施例 1	96	1220	16	15
实施例 2	96	1250	17	13
实施例 3	98	1310	14	12
实施例 4	97	1320	17	12
实施例 5	97	1300	15	14
实施例 6	99	1260	18	15
实施例 7	96	1330	19	15
实施例 8	98	1390	22	17
实施例 9	99	1350	20	16
对比例 1	98	1180	10	9
对比例 2	93	1280	10	8
对比例 3	96	1340	12	10

[0048] 本发明的高强度盘条经拉拔可生产1860MPa以上高强度钢丝,同时具有良好的低温塑韧性,可满足低温环境的工程建设和石化设施建设。该盘条的成功开发其市场前景广阔,将给企业带来良好的经济效益。

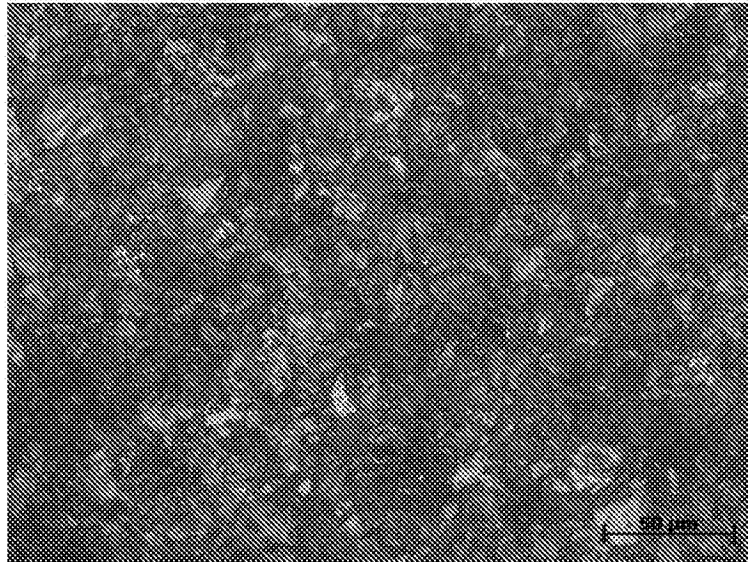


图1