



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105838996 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(21)申请号 201610285086.6

C22C 38/14(2006.01)

(22)申请日 2016.04.28

C22C 38/06(2006.01)

(71)申请人 河北钢铁股份有限公司承德分公司

C21D 8/02(2006.01)

地址 067000 河北省承德市双滦区滦河镇
金融广场A座520

(72)发明人 谷辉格 张大伟 包阔 陈超
徐立山 高玲玲 程玉君 薛启河
王伟 乔俊

(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 陈丽

(51)Int.Cl.

C22C 38/04(2006.01)

C22C 38/02(2006.01)

C22C 38/12(2006.01)

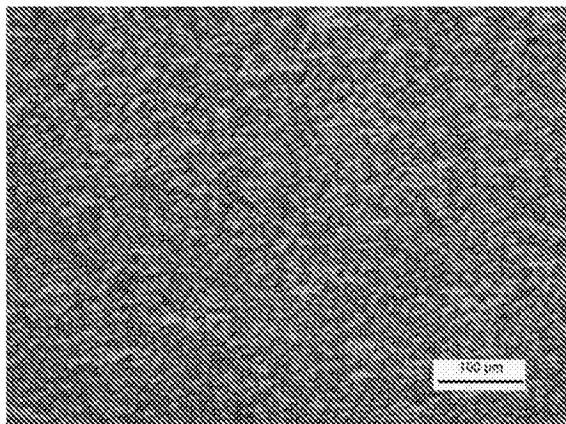
权利要求书1页 说明书6页 附图3页

(54)发明名称

一种800MPa级高强耐候钢板及其生产方法

(57)摘要

本发明公开了一种800MPa级高强耐候钢板及其生产方法,高强耐候钢板化学成分的重量百分比为C≤0.12%,Si≤0.40%,Mn:1.60~2.00%,P≤0.025%,S≤0.010%,Nb+V+Ti:0.10~0.40%,Mo:0.10~0.45%,Als:0.015~0.050%,N≤0.008%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。生产方法包括转炉冶炼,LF精炼,板坯连铸,板坯加热,高压水除鳞,控制轧制及控制冷却工序。本发明所生产热轧卷板,利用多种元素的综合强化作用来提高钢的强度,并添加Mo元素提高钢的延迟断裂及耐腐蚀性能,得到抗拉强度≥900MPa,屈服强度≥800MPa,延伸率≥18%的高强耐候钢板,并实现工业化生产。



1. 一种800MPa级高强耐候钢板，其特征在于，所述耐候钢板化学成分及其重量百分比如下：C≤0.12%，Si≤0.40%，Mn：1.60～2.00%，P≤0.025%，S≤0.010%，Nb+V+Ti：0.10～0.40%，Mo：0.10～0.45%，Als：0.015～0.050%，N≤0.008%，余量为Fe及不可避免的杂质元素。

2. 根据权利要求1所述的一种800MPa级高强耐候钢板，其特征在于，所述耐候钢板性能指标如下：抗拉强度≥900MPa，屈服强度≥800MPa，延伸率≥18%。

3. 根据权利要求1所述的一种800MPa级高强耐候钢板，其特征在于，所述耐候钢板组织为铁素体加珠光体，其中珠光体占10～16%。

4. 基于权利要求1-3任意一项所述的一种800MPa级高强耐候钢板的生产方法，其特征在于，所述生产方法包括下述工序：转炉冶炼，LF精炼，板坯连铸，板坯加热，高压水除鳞，控制轧制，控制冷却。

5. 根据权利要求4所述的生产方法，其特征在于，所述转炉冶炼按照设定成分冶炼钢水，钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯。

6. 根据权利要求4所述的生产方法，其特征在于，所述板坯加热工序将板坯加热至1220～1300℃。

7. 根据权利要求4-6任意一项所述的生产方法，其特征在于，所述控制轧制工序包括粗轧、热卷箱卷取、精轧。

8. 根据权利要求7所述的生产方法，其特征在于，所述粗轧为5道轧制，出口温度为1060～1140℃。

9. 根据权利要求7所述的生产方法，其特征在于，所述精轧出口温度为860～920℃。

10. 根据权利要求4-6任意一项所述的生产方法，其特征在于，所述控制冷却工序中层流冷却速度15～30℃/S，所述卷取温度为570～630℃。

一种800MPa级高强耐候钢板及其生产方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,具体涉及一种800MPa级高强耐候钢板及其生产方法。

背景技术

[0002] 从20世纪初至今,美德英日各国对耐候钢就进行了大量深入的研究。目前在欧洲生产的耐候钢主要为Cu-P-Cr-Ni系或Cu-Cr-Ni系,屈服强度大致为500MPa、550MPa、600MPa、650MPa和700MPa,用于集装箱用耐候钢抗拉强度最高达600MPa。我国在耐候钢方面的研究最早始于20世纪60年代,以09CuPTiRE、09CuPCrNi、09CuPVRE为代表的耐候钢,并已形成了批量生产能力,这些钢以Cu、P为主并加入了稀土元素和V、Ti等元素,屈服强度为245MPa、345MPa,抗拉强度最高达550MPa。

[0003] 本发明所研制的耐候钢主要采用铌、钒、钛复合添加的微合金钢成分体系,利用多种元素的综合强化作用来提高钢的强度,并添加Mo元素提高钢的延迟断裂及耐腐蚀性能。采用较高钢坯加热温度及较低的卷取温度,并严格控制热轧过程参数生产出热轧屈服强度达800MPa、抗拉强度高达900MPa级耐候钢,是目前市面上强度级别较高的一种高强耐候钢板。由于热轧生产工艺特点,各轧制参数在一定范围内波动,导致对成品微观组织及强度控制难度加大,因此轧制过程中找到最佳热轧工艺控制参数,将是本发明研究的重点内容。

发明内容

[0004] 本发明提供一种800MPa级高强耐候钢及其生产方法。采用铌、钒、钛复合添加的微合金钢成分体系,以析出强化为主,辅以相变强化和细晶强化,通过微合金化元素在钢中的固溶、偏聚和沉淀,实现了轧制时的低变形抗力和产品的高强度,同时具有良好的成形性能、低温冲击性能和耐候性能。

[0005] 本发明的目的之一是提供一种800MPa级高强耐候钢及生产方法,所述耐候钢板化学成分及其重量百分比如下:C≤0.12%,Si≤0.40%,Mn:1.60~2.00%,P≤0.025%,S≤0.010%,Nb+V+Ti:0.10~0.40%,Mo:0.10~0.45%,Als:0.015~0.050%,N≤0.008%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。

[0006] 本发明所述耐候钢板性能指标如下:抗拉强度≥900MPa,屈服强度≥800MPa,延伸率≥18%。

[0007] 本发明所述耐候钢板组织为铁素体加珠光体,其中珠光体占10~16%。

[0008] 本发明的另一目的是提供上述一种800MPa级高强耐候钢的生产方法,包括下述工序:转炉冶炼,LF精炼,板坯连铸,板坯加热,高压水除鳞,控制轧制,控制冷却。

[0009] 本发明所述转炉冶炼按照设定成分冶炼钢水,钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯。

[0010] 本发明所述板坯加热工序将板坯加热至1220~1300℃。

[0011] 本发明所述控制轧制工序包括粗轧、热卷箱卷取、精轧。

[0012] 本发明所述粗轧为5道轧制,出口温度为1060~1140℃。

- [0013] 本发明所述精轧出口温度为860~920℃。
- [0014] 本发明所述控制冷却工序中层流冷却速度15~30℃/S,所述卷取温度为570~630℃。
- [0015] 本发明工艺中板坯优先采用直装。
- [0016] 本发明化学成分的设计思路:为实现耐候钢板屈服强度达到800MPa级,必须在热轧及随后冷却过程中实现细晶强化、析出强化、相变强化和固溶强化等最大限度的综合控制,同时为保证具有良好的冷弯成形性能,在钢中加入微合金元素铌,以提高钢的再结晶温度,使得在较高的温度下完成轧制也可以得到储存大变形能的变形奥氏体组织,进而得到细小的相变组织。
- [0017] C: 0.12%以下,对钢的耐大气腐蚀不利,同时C影响钢的焊接性能、冷脆性能和冲压性能等,耐候钢中C含量被控制在0.12%以下。
- [0018] Si:0.40%以下,与其它元素如P配合使用可改善钢的耐候性。较高的Si含量有利于细化a-FeOOH,从而降低钢整体的腐蚀速率。
- [0019] Mn: 1.60~2.00%,通过固溶强化提高钢的强度。Mn促进碳氮化物析出相在加热时候的溶解,抑制析出相在轧制时候的析出,有利于保持较多的析出元素于轧后的冷却过程中在铁素体中析出,加强了析出强化。此外Mn可扩大奥氏体相区,降低过冷奥氏体相的转变温度,有利于相变组织的细化。
- [0020] P: 0.025%以下,是提高钢耐大气腐蚀性能最有效的合金元素之一。当P与Cu联合加入钢中时,显示出更好的复合效应。在大气腐蚀条件下,钢中的P是阳极去极化剂,它在钢中能加速钢的均匀溶解和 Fe^{2+} 的氧化速率,有助于在钢表面形成均匀锈层,促进生成非晶态接基氧化铁 $\text{FeO}\times(\text{OH})_3^{-2}$ 致密保护膜,从而增大了电阻,成为腐蚀介质进入钢基体的保护屏障,使钢内部免遭大气腐蚀。当磷形成 PO_3^{-4} 时还起到缓蚀作用。低的磷含量可使钢具有良好的韧性、冷成形性和焊接性。
- [0021] S: 0.010%以下,对耐候性起不良作用,低的硫含量使钢具有较好的韧性和冷成形性。
- [0022] Nb+V+Ti:0.10~0.40%,V除了溶解温度较低和阻止再结晶的效果较弱外,和Nb有相似的作用。V仅在900℃以下对再结晶才有推迟作用,在奥氏体转变以后,V几乎已完全溶解,所以在固溶体中,V仅作为一个元素来影响奥氏体向铁素体转变。但与Nb相比,V使那些不希望有的非多边形铁素体产生得较少,这个特性对于厚度较大的钢板是十分有利的。因V与钢中的氮具有较强的亲和力,所以V可以固定钢中的“自由”氮,在钢中,V与C和“自由”N结合形成V(C,N)化合物,大大降低了钢中的“自由”N含量,避免了钢的应变时效性。
- [0023] Nb:通过细晶强化和析出强化提高钢的强度,Nb可提高奥氏体的再结晶温度,即在较高的温度下实现奥氏体非再结晶区轧制,从而可使轧件在较高的温度下完成轧制变形,同时得到细小的相变组织。此外部分Nb在铁素体区析出,强化铁素体基体。
- [0024] Ti:改善钢的焊接性能,同时Ti加入Nb钢中还可延长NbC的析出孕育期,使得Nb-Ti复合钢的碳化物析出开始时间较Nb钢要晚,从而析出物更加细小弥散钛的细化晶粒效果,表现为强度每提高10MPa韧脆转变温度降低6℃,沉淀强化效果表现为强度每提高10MPa韧脆转变温度升高3.5℃。
- [0025] Ti与N在高温下的结合可以有效阻止Nb与N的结合,从而提高Nb在奥氏体中的固溶

量,使得随后铁素体中Nb(C,N)的析出强化效果增强。Ti的另一个重要特点则是铝脱氧钢中,由于Ti和S的亲合力,用Ti控制硫化物的形态,增加Ti含量可形成不易塑性变形的(Mn,Ti)S及Ti₄C₂S₂,改善性能的不均匀性。

[0026] 本发明工艺工艺参数的设计思路:

轧制工艺:采用控轧控冷技术,加热温度控制在1240~1280℃范围内的中上限,精轧出口温度在860~900℃中上限,确保单相奥氏体区相变轧制,层冷采用前段集中冷却工艺,将变形和热处理相结合,得到期望的组织及细化晶粒,提高材料力学性能及冷弯成形性能。

[0027] 轧制时钢坯开轧温度按1220~1300℃范围控制,在这一温度下,使得已经存在的大部分铌和钛的碳、氮化物再度固溶,然后在轧制和卷取过程中析出,起到晶粒细化和析出强化等作用。

[0028] 结合800MPa级高强耐候钢板所设计化学成分,轧制温度的选择对析出强化和细晶强化来讲有此消彼长的影响,同时注意到,如果轧制温度高到使材料在轧时处于再结晶态或不完全再结晶态,可能会导致晶粒细化不够甚至混晶而影响成形性能,综上考虑,精轧出口温度按860~920℃范围控制,卷取温度按570~630℃范围控制。

[0029] 本发明根据微合金元素的碳氮化物在控轧控冷中的作用机理:

微合金元素碳氮化物的沉淀强化是微合金钢中最重要的强化方式之一。微合金碳、氮化物的析出不仅可以产生析出强化,而且还可以达到晶粒细化的目的。其中晶粒细化是通过析出质点钉扎晶界而获得的。在热加工或延迟奥氏体再结晶时有应变诱导产生的析出会使奥氏体在冷却转变时形成极为微细的铁素体晶粒。强化作用主要是通过微合金碳化物、氮化物在 $\gamma \rightarrow \alpha$ 转变时在铁素体中析出而产生的,这些在铁素体中析出的细小弥散的析出物不仅产生显著的强化效果,而且能够阻碍在转变或转变后的铁素体晶粒长大,从而间接地细化晶粒。

[0030] 微合金元素碳氮化物在控制轧制时的析出作用主要有:均热未溶的微合金碳氮化物质点将通过质点钉扎晶界机制而阻止均热奥氏体晶粒的粗化,保证得到细小的均热奥氏体晶粒;在控轧过程中应变诱导析出相通过质点钉扎晶界和亚晶界的作用而相当显著地阻止形变奥氏体的再结晶;在控制轧制相变发生以后,残留在奥氏体中的微合金元素进一步在铁素体中析出,产生显著的析出强化效果。

[0031] 除了对机械性能的影响以外,铁素体内的析出物阻碍晶粒长大的作用也十分重要,特别是在热轧带钢卷取后冷却过程中,析出的大小是很重要的。通过控制转变温度可以控制析出物的尺寸。当卷取温度越低,析出颗粒越细。同时可以看出,由于冷却速度增加,析出物的尺寸变的更为细小,同时也加了强度。但是,过快的冷却速度会抑制析出,因而在低温卷取时,虽然铁素体的晶粒尺寸十分细小,但由于析出强化减弱,屈服强度不会得到显著的提高。这时,很细的铁素体晶粒提供了几乎所有强度,因而强度不是太高,但有良好的塑性和韧性。

[0032] 本发明的特点是在常规强化元素碳、锰的基础上,添加钒、铌、钛复合微合金元素,其强度通过细晶粒来提供,同时微合金钢中细小弥散的微合金碳、氮化物的析出强化对强度也有很大贡献。晶粒的细化和微合金元素碳、氮化物析出的控制都可以通过调节控轧控冷工艺参数来实现。

[0033] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:通过本发明生产的800MPa级高强耐候

钢板,抗拉强度 $\geq 900\text{MPa}$,屈服强度 $\geq 800\text{MPa}$,延伸率 $\geq 18\%$,组织为铁素体加珠光体,珠光体占10~16%;该钢板在力学性能达到高强的同时,兼具有良好的低温冲击性及耐候性能。

附图说明

[0034] 图1为本发明实施例1所生产钢板100 μm 的金相组织显微图;

图2为本发明实施例2所生产钢板100 μm 的金相组织显微图;

图3为本发明实施例3所生产钢板100 μm 的金相组织显微图;

图4为本发明实施例4所生产钢板300 μm 的金相组织显微图;

图5为本发明实施例5所生产钢板50 μm 的金相组织显微图;

图6为本发明实施例6所生产钢板20 μm 的金相组织显微图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图及具体实施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0036] 实施例1

厚度3.5mm、宽度1524mm,800MPa级高强耐候钢板,所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.06%,Si:0.08%,Mn:1.85%,P:0.014%,S:0.006%,Nb:0.055%,V:0.03%,Ti:0.11%,Mo:0.20%,Als:0.020%,N:0.0045%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体,珠光体占13%。

[0037] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水,钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯;2)将板坯加热至1275°C,经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控制冷却得到热轧卷板。

[0038] 其中粗轧5道轧制,出口温度为1100°C;精轧出口温度为900°C,层流冷却速度25°C/min,卷取温度为610°C。

[0039] 实施例2

厚度5.0mm、宽度1524mm,800MPa级高强耐候钢板,所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.07%,Si:0.07%,Mn:1.90%,P:0.013%,S:0.0055%,Nb:0.050%,V:0.02%,Ti:0.12%,Mo:0.25%,Als:0.025%,N:0.0033%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体,珠光体占14%。

[0040] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水,钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯;2)将板坯加热至1280°C,经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控轧冷却得到热轧卷板。

[0041] 其中粗轧5道轧制,出口温度为1120°C;精轧出口温度为890°C,层流冷却速度23°C/min,卷取温度为600°C。

[0042] 实施例3

厚度6mm、宽度1500mm,800MPa级高强耐候钢板,所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.075%,Si:0.075%,Mn:1.95%,P:0.014%,S:0.0045%,Nb:0.052%,V:0.025%,Ti:0.122%,Mo:0.30%,Als:0.030%,N:0.0043%,余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体,珠光体占15%。

[0043] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水,钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯;2)将板坯加热至1250°C,经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控轧冷却得到热轧卷板。

[0044] 其中粗轧5道轧制,出口温度为1090°C;精轧出口温度为880°C,层流冷却速度24

°C/min, 卷取温度为590°C。

[0045] 实施例4

厚度8mm、宽度1500mm, 800MPa级高强耐候钢板, 所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.08%, Si:0.08%, Mn:2.0%, P:0.015%, S:0.006%, Nb:0.055%, V:0.030%, Ti:0.13%, Mo:0.35%, Al_s:0.040%, N:0.0050%, 余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体, 珠光体占15%。

[0046] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水, 钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯; 2)将板坯加热至1280°C, 经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控轧冷却得到热轧卷板。

[0047] 其中粗轧5道轧制, 出口温度为1120°C; 精轧出口温度为900°C, 层流冷却速度26°C/min, 卷取温度为620°C。

[0048] 实施例5

厚度8mm、宽度1500mm, 800MPa级高强耐候钢板, 所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.12%, Si:0.20%, Mn:1.95%, P:0.025%, S:0.006%, Nb:0.040%, V:0.010%, Ti:0.050%, Mo:0.45%, Al_s:0.015%, N:0.0080%, 余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体, 珠光体占16%。

[0049] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水, 钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯; 2)将板坯加热至1300°C, 经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控轧冷却得到热轧卷板。

[0050] 其中粗轧5道轧制, 出口温度为1140°C; 精轧出口温度为920°C, 层流冷却速度30°C/min, 卷取温度为630°C。

[0051] 实施例6

厚度8mm、宽度1500mm, 800MPa级高强耐候钢板, 所述热轧卷板化学组分及重量百分比为:C:0.065%, Si:0.40%, Mn:1.60%, P:0.011%, S:0.010%, Nb:0.09%, V:0.10%, Ti:0.21%, Mo:0.10%, Al_s:0.050%, N:0.0042%, 余量为Fe及不可避免的杂质元素。耐候钢板组织为铁素体加珠光体, 珠光体占10%。

[0052] 生产方法:1)按照上述设定成分冶炼钢水, 钢水LF精炼、板坯连铸工序得到板坯; 2)将板坯加热至1220°C, 经高压水除鳞、粗轧、热卷箱卷取、精轧、控轧冷却得到热轧卷板。

[0053] 其中粗轧5道轧制, 出口温度为1060°C; 精轧出口温度为860°C, 层流冷却速度15°C/min, 卷取温度为570°C。

[0054] 对上述实施例1-6中的产品进行力学性能检测, 屈服强度815~845MPa, 抗拉强度915~935MPa, 延伸率21~25%, 具有良好的力学强度及塑性匹配, 具体指标如表1所示:

表1 性能检测数据

实施例	规格(mm)	屈服强度R _{t0.5} (MPa)	抗拉强度R _m (MPa)	延伸率(%)	冷弯试验180°, 横向
1	3.5*1524	815	915	25	D=2a 完好
2	5.0*1524	845	935	23	D=2a 完好
3	6.0*1500	835	925	22	D=2a 完好
4	8.0*1500	820	920	21	D=2a 完好
5	6.0*1500	830	923	24	D=2a 完好
6	8.0*1500	838	933	22	D=2a 完好

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。

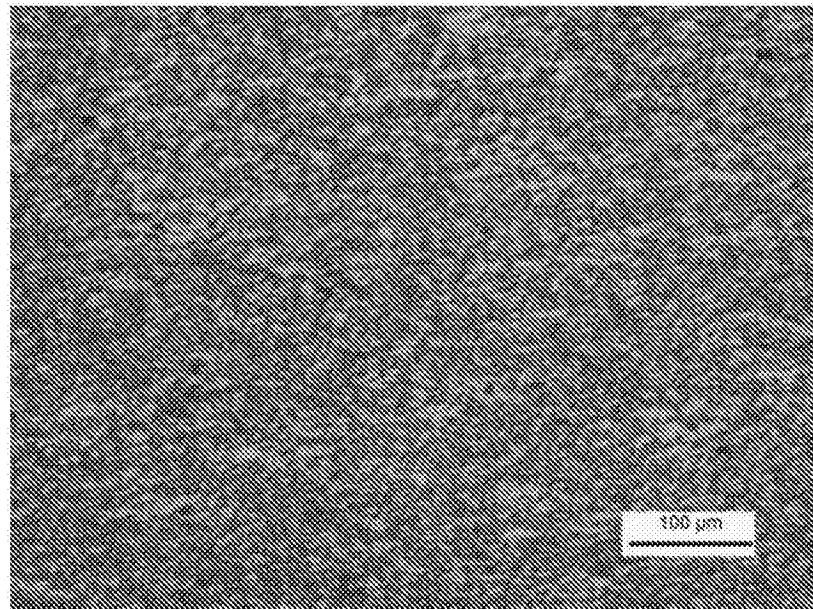


图1



图2

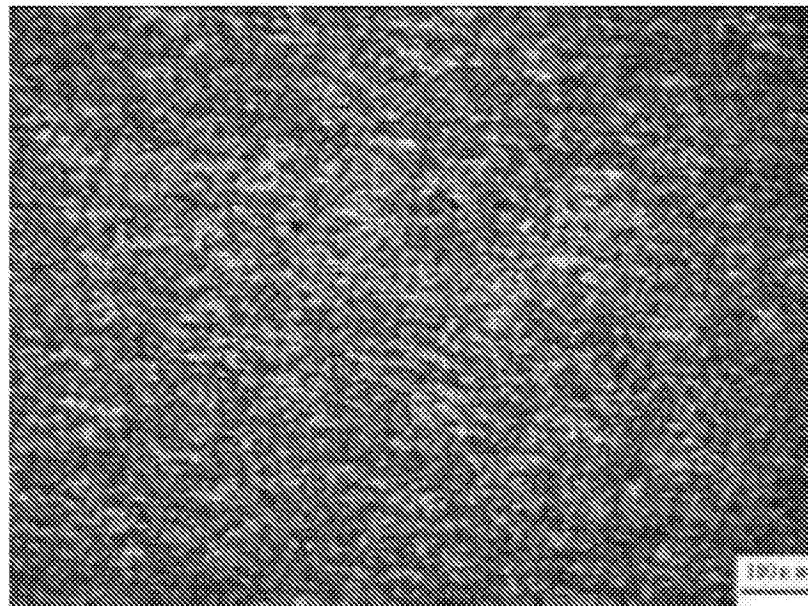


图3



图4

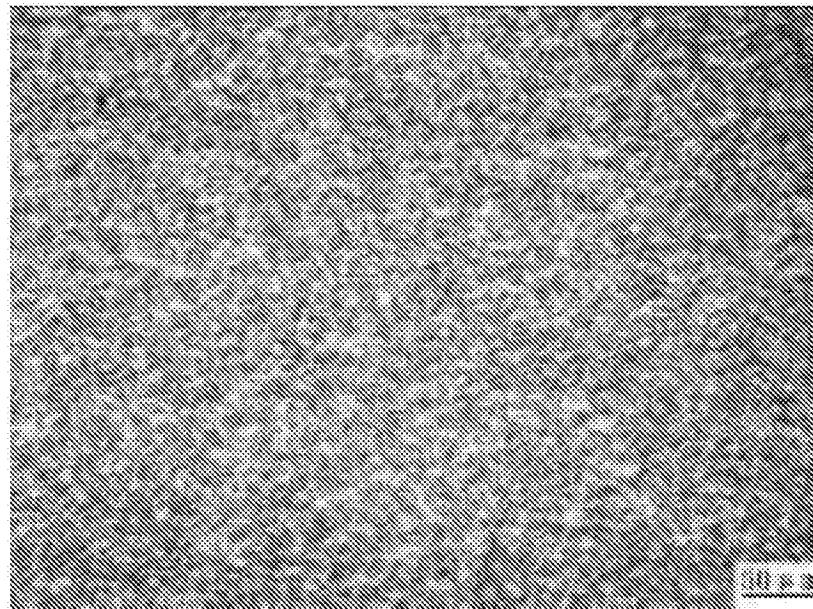


图5

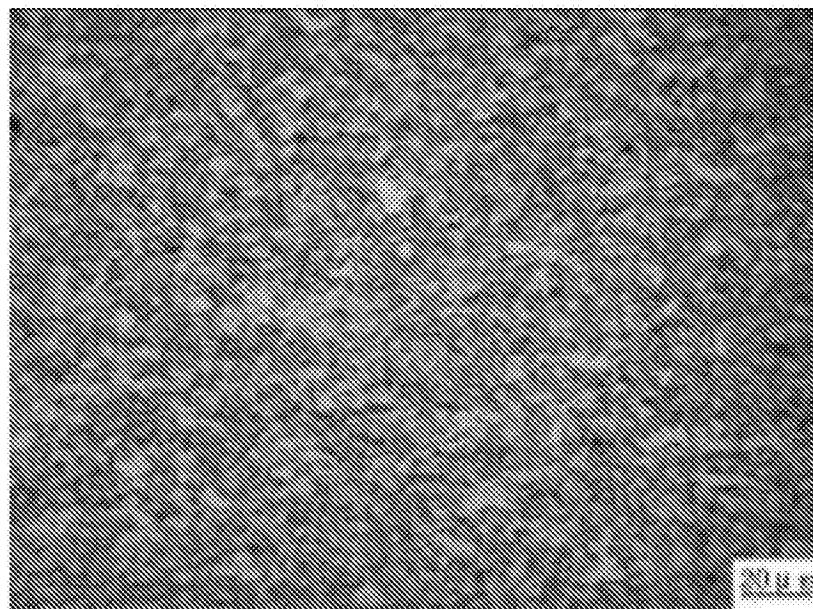


图6