



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103014549 A

(43) 申请公布日 2013. 04. 03

(21) 申请号 201210577995. 9

(22) 申请日 2012. 12. 26

(71) 申请人 振石集团东方特钢股份有限公司

地址 314000 浙江省嘉兴市南湖区新丰镇经济开发区

(72) 发明人 申鹏 颜海涛 杨振 李杰

(74) 专利代理机构 杭州天欣专利事务所 33209

代理人 李斌

(51) Int. Cl.

C22C 38/54 (2006. 01)

C22C 33/04 (2006. 01)

C21D 8/02 (2006. 01)

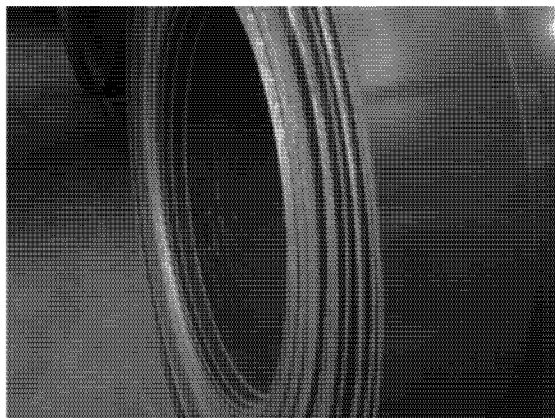
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 6 页

(54) 发明名称

一种高性能双相不锈钢及其加工方法

(57) 摘要

本发明还涉及一种高性能双相不锈钢的加工方法,它包括以下步骤:1) 在电炉中母液成分控制在 C : > 1. 0%, Si : < 0. 5%, Cr : 1-15%, Ni : 8. 2-9. 0%, P : < 0. 02%, 出钢温度控制在 1580-1630℃; 2) 将电炉中的母液转移入 AOD 炉内吹氧脱碳、吹氮及成分调整; 再在钢包精炼炉中精炼及微合金加入成分最终调整, 调整后铬镍当量比 $\geq 2. 55$ 。适当控制铬镍当量比有利于高温铁素体的形成, 使尽量在单相区中热加工, 有利提高双相不锈钢的高温塑性。



1. 一种高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 在电炉中母液成分控制在 C : > 1.0%, Si : < 0.5%, Cr : 1-15%, Ni : 8.2-9.0%, P : < 0.02%, 出钢温度控制在 1580-1630℃ ;

2) 将电炉中的母液转移入 AOD 炉内吹氧脱碳、吹氮及成分调整 ;再在钢包精炼炉中精炼及微合金加入成分最终调整,调整后铬镍当量比 ≥ 2.55 。

2. 根据权利要求 1 所述的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于还包括以下步骤 :3) 依次进行连铸、板坯修磨、加热、轧制和卷取。

3. 根据权利要求 2 所述的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于 :所述步骤 3) 中加热的温度为 1240-1280℃,且在加热后保温 45-55min。

4. 根据权利要求 2 所述的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于 :所述步骤 3) 轧制包括粗轧和精轧,所述粗轧 7-13 道次,厚度轧制至 30mm,轧制温度在 950-1280℃,每次粗轧的相对压下率控制在 8-25%,其中初轧相对压下率小于 10%,轧制速度控制在 3-12m/s ;所述精轧的次数为 5-11 次,每次轧制相对压下率控制 10-25%,轧制速度控制在 2-12m/s,终轧温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$,卷取温度 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ 。

5. 据权利要求 2 所述的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于 :所述步骤 3) 卷取的温度 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ 。

6. 根据权利要求 4 所述的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于 :所述粗轧的轧制温度为 1100-1220℃。

7. 根据权利要求 1 所述高性能双相不锈钢的加工方法所生产的高性能双相不锈钢,其特征在于包括下述质量百分比的组分 :

Cr : 21-23% ; Ni : 5-5.6% ; C : $\leq 0.03\%$; Si : 0.45-0.6% ; Mn : 1.1-1.5% ; N : 0.14-0.18% ; Cu : $\leq 0.5\%$; O : $\leq 0.005\%$; P : $\leq 0.02\%$; S : $\leq 0.001\%$; Ca : 0.005-0.05% ; B : 0.005-0.03% ; REM : 0.01-0.1% ; 余量为铁。

8. 据权利要求 7 所述的高性能双相不锈钢,其特征在于 :所述 Cr 含量为 22%-23%。

9. 据权利要求 7 所述的高性能双相不锈钢,其特征在于 :所述 C 含量 $\leq 0.02\%$ 。

10. 据权利要求 7 所述的高性能双相不锈钢,其特征在于 :所述 O 含量 $\leq 0.003\%$ 。

一种高性能双相不锈钢及其加工方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高性能双相不锈钢,本发明还涉及一种高性能双相不锈钢的加工方法,属于冶金领域。

背景技术

[0002] 双相不锈钢具有优良的机械性能和耐腐蚀性能,可广泛应用在石油、化工、建筑等行业,但双相不锈钢组织是由奥氏体和铁素体构成,由于奥氏体和铁素体组织成分、强度、延伸率各有不同,热加工变形时容易在相界处产生应力集中,导致边部或表面产生裂纹,严重影响了其板面质量及成材率,限制了其推广应用。双相不锈钢边部的表面质量与主要成分、铬镍当量比、微合金元素、杂质元素磷、硫、氧的含量、热加工工艺有关。

[0003] 如 CN 102102166 A 的中国发明专利说明书中公开了一种强耐腐蚀双相不锈钢其组成成分及各成分重量百分比 (Wt%) 如下:

C : ≤ 0.03 ; Si : $0.4 \sim 0.7$; Mn : $1.4 \sim 1.7$; P : ≤ 0.03 ; S : ≤ 0.001 ; Cr : $22.3 \sim 22.7$; Ni : $5.6 \sim 5.9$; Mo : $3.0 \sim 3.2$; Cu : ≤ 0.5 ; Al : ≤ 0.15 ; B : $0.0028 \sim 0.0043$; N : $0.145 \sim 0.175$; Ti : ≤ 0.005 ; Pb : ≤ 0.99 ; 余量为 Fe。该强耐腐蚀双相不锈钢虽然耐腐蚀性强,但是由于其中没有加入 B 元素,使得热加工性能,耐晶间腐蚀性能差;其中也没有加入 REM,使得热加工塑性能差。

[0004] 该专利说明书中还公开了一种强耐腐蚀双相不锈钢生产工艺: $1705 \pm 20^{\circ}\text{C}$ 的高温钢水中,吹入 O_2 和氮气,通过氧化还原反应原理降低成分中 C 含量,同时,加入 Mo、Mn、Cr、V、Nb、Ti 等元素,以提高成分中的 N 含量;轧制阶段,加热炉温度控制在 $1320 \sim 1350^{\circ}\text{C}$ 范围,在轧制过程中,避免打开高压水除磷系统;退火温度一般控制在 $1100 \sim 1150^{\circ}\text{C}$;酸洗工艺采用 H_2SO_4 : $220 \sim 240\text{g/L}$, NaCl : $30 \sim 38\text{g/L}$, 添加剂 : $10 \sim 14\text{g/L}$, 在 60°C 平均酸洗 $55 \sim 60\text{min}$ 。但是由于该生产工艺没有控制铬镍当量比,加强了其中两相之间的强度差异,降低了整体性能。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有技术中存在的上述不足,而提供一种热加工性能和耐晶间腐蚀性能都非常优良的高性能双相不锈钢。本发明还提供了一种能有效控制铬镍当量比的高性能双相不锈钢的加工方法。

[0006] 本发明解决上述问题所采用的技术方案是:该高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 在电炉中母液成分控制在 $\text{C} > 1.0\%$, $\text{Si} < 0.5\%$, Cr : $1-15\%$, Ni : $8.2-9.0\%$; $\text{P} < 0.02\%$, 出钢温度控制在 $1580-1630^{\circ}\text{C}$;

2) 将电炉中的母液转移入 AOD 炉内吹氧脱碳、吹氮及成分调整;再在钢包精炼炉中精炼及微合金加入成分最终调整,调整后铬镍当量比 ≥ 2.55 。

[0007] 本发明还包括以下步骤:3) 依次进行连铸、板坯修磨、加热、轧制和卷取。

[0008] 本发明所述步骤 3) 中加热的温度为 1240-1280℃,且在加热后保温 45-55min。

[0009] 本发明所述步骤 3) 轧制包括粗轧和精轧,所述粗轧 7-13 道次,厚度轧制至 30mm,轧制温度在 950-1280℃,每次粗轧的相对压下率控制在 8-25%,其中初轧相对压下率小于 10%,轧制速度控制在 3-12m/s;所述精轧的次数为 5-11 次,每次轧制相对压下率控制 10-25%,轧制速度控制在 2-12m/s,终轧温度 $\geq 950^{\circ}\text{C}$,卷取温度 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ 。

[0010] 本发明所述步骤 3) 卷取的温度 $\leq 800^{\circ}\text{C}$ 。

[0011] 本发明所述粗轧的轧制温度为 1100-1220℃。

[0012] 本发明还提供了一种高性能双相不锈钢,其特征在于包括下述质量百分比的组分:

Cr :21-23%;Ni :5-5.6%;C : $\leq 0.03\%$;Si :0.45-0.6%;Mn :1.1-1.5%;N :0.14-0.18%;Cu : $\leq 0.5\%$;O : $\leq 0.005\%$;P : $\leq 0.02\%$;S : $\leq 0.001\%$;Ca :0.005-0.05%;B :0.005-0.03%;REM :0.01-0.1%;余量为铁。

[0013] 本发明所述 Cr 含量为 22%-23%。

[0014] 本发明所述 C 含量 $\leq 0.02\%$ 。

[0015] 本发明所述 O 含量 $\leq 0.003\%$ 。

[0016] 本发明与现有技术相比,具有以下优点和效果:

Cr 铁素体形成元素,能改善材料的耐腐蚀性,提高合金的强度,适当控制 Cr 元素的含量有利于控制铬镍当量比,进而有利于控制该双相不锈钢的热加工塑性。

[0017] Ni 是奥氏体形成元素。

[0018] C 是奥氏体形成元素,一定程度上代替镍,促进奥氏体并稳定奥氏体,当碳含量过高时,以和铬生成碳化铬,不锈钢的耐腐蚀性和韧性恶化,为了确保不锈钢的耐腐蚀性。

[0019] Si 是铁素体形成元素并起到稳定铁素体的作用,也起到脱氧添加剂,改善焊接流动性,硅含量过高时有增加中间相析出的趋势和降低 N 浓度。

[0020] Mn 是奥氏体形成元素和稳定奥氏体的作用,在一定程度上可以取代镍,获得奥氏体组织,同时提高氮固溶度,进而提高氮的含量,过高的锰对材料的耐腐蚀形不利,且促进金属相的形成,影响冲击韧性和耐腐蚀性能。

[0021] N 是稳定的奥氏体元素,改善钢的耐腐蚀性,改善钢的强度。改善材料的焊接性能,但过高氮含量降低材料的热加工塑性,过低的氮含量又会降低铬、钼的含量,对材料的耐腐蚀性能不利。

[0022] Cu 是弱奥氏体稳定元素,提高材料的耐腐蚀性,提高耐大气腐蚀性,具有 40% 镍奥氏体作用,提高材料的冷加工性,改善在硫酸中的腐蚀性能,高于 0.5% 时,易产生脆性相 ϵ 相,对热加工不利。

[0023] O 是有害元素,是构成非金属氧化物夹杂的代表元素,过多的氧含量对双相钢的韧性不利,另外生成粗大的簇状氧化物时,就成为表面缺陷的原因。

[0024] P 是有害元素,偏析在晶界或相界中,对材料的耐腐蚀性和热加工性能不利。

[0025] S 是有害元素,易和锰形成硫化锰降低材料的热加工性,和钙形成钙硫化物,对抗腐蚀性能有害。

[0026] Ca 可以改善钢的机加性能和改善氧化物夹杂的性质,过多容易和硫形成钙硫化物,对材料的耐腐蚀性不利。

[0027] B 是半径较小的间隙性原子,易在相界和晶界偏聚,细化晶粒,改善材料的热加工性能,提高材料的耐晶间腐蚀性能,一般控制在 0.0005~0.003% 之间,高于 0.003% 时,在连铸和焊接时有开裂的风险,过多的硼易在晶界处形成熔点低的 BN,对材料热加工性能反而不利,一般 B 含量小于等于 0.003%。

[0028] REM (铈 / 镧)稀土元素主要起到净化钢液、净化晶界、改性杂质、改善杂质的分布、提高晶界能、细化组织、提高双相不锈钢的热加工塑性的作用。稀土与氧、硫的亲合力高,主要和 O 及 S 形成了 Ce₂O₃, CeS 及 LaS 等物质,和铝的氧化物进行复合成没有尖角的硬质夹杂物,钢中长条状 MnS 夹杂变短、数量变少,同时稀土有净化晶界、提高晶界能及减少磷的区域偏析作用,使磷不再集中于晶界进而提高双相不锈钢的热加工塑性及改善双相不锈钢的边部和表面质量的作用。但过多的稀土添加在浇注时会形成氧化物结瘤,恶化生产性能,同时和硫化物形成的夹杂比重大,不易于上浮,一般和钙复合使用。本发明中 REM 代表铈和 / 或镧。

[0029] 通过添加钙、硼、和稀土(铈 / 镧)元素来提高双相不锈钢的热加工塑性,这些元素主要起到净化钢液、净化晶界、改性杂质、改善杂质的分布、提高晶界能、细化组织等作用。钙或稀土与氧、硫的亲合力高,主要和 O 及 S 形成了 CaO 和 Ce₂O₃, CaS, CeS 及 LaS 等物质,和铝的氧化物进行复合成没有尖角的硬质夹杂物,钢中长条状 MnS 夹杂变短、数量变少,同时发现稀土(铈 / 镧)有净化晶界、提高晶界能及减少磷的区域偏析作用,使磷不再集中于晶界。而添加硼元素可以细化双相不锈钢的组织,提高晶界能进而来提高其热加工性能。

[0030] 当该双相不锈钢成分及组织确定后,轧制温度、压下率及轧制速度是影响双相不锈钢的热加工性能的关键因素。随着轧制温度的提高,铁素体含量也升高,利于双相不锈钢在单相区加工,同时当热加工温度过高时双相不锈钢热加工塑性反而降低,这是因为当温度达到一定高度时组织急剧长大、出现过烧现象,严重影响该双相不锈钢的热加工塑性,随着温度的升高大量的氮元素集中在奥氏体相中,导致两相强度差急剧增大也是导致高温时塑性变差的原因之一,当然如果热加工温度低于 950℃ 时有 σ 相析出的危险, σ 相是一种脆性相,对该双相不锈钢的热加工塑性不利,所以该双相不锈钢热加工区间温度一般选在 950-1280℃ 进行较为合适。为防止轧制时边部和表面温降太快,造成其边部及表面热加工塑性差于心部的热加工塑性对边部和表面产生裂纹的不利影响,轧制时尽量应采用快速轧制,粗轧轧制速度 3-12m/s,精轧轧制速度 2-12m/s。由于该双相不锈钢显微组织是由奥氏体和铁素体构成的,其两相组织、成分、强度、延伸率的不同,热加工变形时容易在相界处产生应力集中,导致边部或表面产生裂纹,所以该双相不锈钢宜采用下压下率多道次轧制工艺,对厚度 160-220mm 铸坯来说粗轧一般轧 7-13 道次到 30mm 左右,初轧相对压下率 $\leq 10\%$,精轧控制在 5-11 道次轧制到成品厚度。

[0031] 适当控制铬镍当量比有利于高温铁素体的形成,使尽量在单相区中热加工,有利提高双相不锈钢的高温塑性。提高铬镍当量比可以适当调整铁素体形成元素及奥氏体形成元素的比例,在奥氏体形成元素中控制氮元素的含量对提高铬镍当量比最为明显,因氮元素形成奥氏体的能力大约是镍元素的 30 倍。同时氮以间隙固溶体方式主要存在奥氏体相中,随着氮含量的提高,奥氏体相含量也在增加,两相间的强度差也有增大趋势,使变更更容易在铁素体相产生,减小了奥氏体相的应变分布,导致热塑性的下降,热加工时,随着温度的升高,双相不锈钢中奥氏体也在逐渐转变成铁素体,同时奥氏体中的氮含量也在急

剧增加,更加导致了两相强度之间的差异,所以当热加工超过一定温度后,控制铬镍当量比 ≥ 2.55 ,氮含量 $\leq 0.18\%$ 左右时利于该双相不锈钢板卷的生产。

[0032] 本发明中所述的铬镍当量比的计算公式为:

$$C_{req}/N_{ieq} \geq 2.2;$$

其中 C_{req} 为 Cr 当量, $C_{req} = \%Cr + \%Mo + 1.5 * \%Si + 0.73 * \%W + 0.5 * \%Nb$;

其中 N_{ieq} 为 Ni 当量, $N_{ieq} = \%Ni + 30 * \%C + 0.5 * \%Mn + 0.33 * \%Cu + 30 * (\%N - 0.045)$;

以上公式中, $\%Cr$ 、 $\%Mo$ 、 $\%Si$ 、 $\%W$ 、 $\%Nb$ 分别表示 Cr、Mo、Si、W、Nb 的重量百分含量的数值; $\%Ni$ 、 $\%C$ 、 $\%Mn$ 、 $\%Cu$ 、 $\%N$ 分别表示 Ni、C、Mn、Cu、N 的重量百分含量的数值。

附图说明

[0033] 图 1 是实施例 1 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢。

[0034] 图 2 是实施例 1 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢显微检测。

[0035] 图 3 是实施例 1 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢酸洗后板面质量。

[0036] 图 4 是实施例 2 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢。

[0037] 图 5 是实施例 2 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢显微检测。

[0038] 图 6 是实施例 2 中高性能双相不锈钢的加工方法所生产的不锈钢酸洗后板面质量。

具体实施方式

[0039] 下面结合附图并通过实施例对本发明作进一步的详细说明,以下实施例是对本发明的解释而本发明并不局限于以下实施例。

[0040] 实施例 1。

[0041] 本实施例的高性能双相不锈钢的加工方法,其特征在于包括以下步骤。

[0042] 1) 在 Consteel 电炉中母液成分控制在 C 1.39%, Si 0.04%, Cr 1.25%, Ni 6.42%, P 0.015%, 出钢温度控制在 1580-1630°C;

2) 将电炉中的母液转移入 AOD 炉内吹氧脱碳、吹氮及成分调整;再在钢包精炼炉中精炼及微合金加入成分最终调整为:

C : 0.02%; Cr : 22.6%; Si : 0.55%; Ni : 5.3%; Mn : 1.35%; Mo : 3.2%; N : 0.16%; P : 0.018%; O : 0.0035%; S : 0.0075%; Al : 0.003%; Ca : 0.015%; B : 0.018%; REM : 0.015%。铬镍当量比为 2.64。

[0043] 3) 依次进行连铸、板坯修磨、加热、轧制和卷取。

[0044] 连铸:连铸速度为 1.1m/min,铸坯厚度为 198mm,铸坯保温温度为 1260°C、板坯上下板面温差为 -10°C。

[0045] 板坯修磨:然后进行板坯修磨。

[0046] 加热:板坯修磨后加热至 1260°C,保温 45min。

[0047] 轧制:粗轧 7 道次,轧制温度在 1100°C,初轧相对压下率小于 10%、轧制的最大相对压下率在 20%,轧制速度控制在 3-12m/s,粗轧终轧厚度在 30mm。

[0048] 精轧轧制 7 道次,相对压下率控制 13-25%,轧制速度控制在 2-12m/s,轧制厚度为

10mm,终轧温度在 960℃。轧制成品无裂边现象,板面质量好,通过检测未发现有明显析出相。

[0049] 卷取:卷取温度在 650℃。

[0050] 本实施例可以使用不锈钢废料、优质废钢、镍铁、铬铁合金作为原料。

[0051] 图 1 显示的是该双相不锈钢成品卷,可以看出边部无裂边现象。图 2 显示的是该双相不锈钢显微检测,灰色为铁素体组织,亮白色为奥氏体组织,可以看出相界光滑,无明显析出相。图 3 显示的该双相不锈钢酸洗后板面质量情况,可以看出板面质量良好。

[0052] 实施例 2。

[0053] 1) 在 Consteel 电炉母液成分控制在 C:1.65%、Si:0.03%、P:0.013%、Cr:1.56%、Ni:6.35%,出钢温度控制在 1580-1630℃;

2) 将电炉中的母液转移入 AOD 炉内吹氧脱碳、吹氮及成分调整;再在钢包精炼炉中精炼及微合金加入成分最终调整为:

C:0.015%、Cr:22.5%、Si:0.50%、Ni:5.2%、Mn:1.30%、Mo:3.15%、N:0.17%、P:0.017%、O:0.0030%、S:0.008%、Al:0.004%、Ca:0.02%、B:0.015%、REM:0.013%,铬镍当量比为 2.63。LF 炉弱吹时间为 30min。

[0054] 3) 依次进行连铸、板坯修磨、加热、轧制和卷取。

[0055] 连铸:连铸速度为 1.0m/min、铸坯厚度为 200mm。铸坯保温温度为 1270℃、板坯上下板面温差为 15℃。

[0056] 板坯修磨:然后进行板坯修磨。

[0057] 加热:板坯修磨后加热至 1260℃,保温 50min。

[0058] 轧制:

粗轧 7 道次,厚度轧制至 30mm 左右,轧制温度在 1100℃,初轧相对压下率小于 10%,每次轧制的最大相对压下率在 20%,轧制厚度为 4.95mm,轧制速度控制在 3-12m/s。

[0059] 精轧轧制 7 道次,相对压下率控制 10-25%,轧制速度控制在 2-12m/s,终轧温度在 960℃。轧制成品无裂边现象,板面质量好,通过检测未发现有明显析出相。

[0060] 轧制成品无裂边现象,板面质量好,通过检测未发现有明显析出相。

[0061] 卷取:卷取温度在 650℃。

[0062] 图 4 显示的是该双相不锈钢成品卷,可以看出边部无裂边现象。图 5 显示的是该双相不锈钢显微检测,灰色为铁素体组织,亮白色为奥氏体组织,可以看出相界光滑,无明显析出相。图 6 显示的该双相不锈钢酸洗后板面质量情况,可以看出板面质量良好。

[0063] 实施例 3。

[0064] 本实施例中,高性能双相不锈钢包括下述质量百分比的组分:

Cr:21%;Ni:5%;C:0.03%;Si:0.45%;Mn:1.1%;N:0.14%;Cu:0.5%;O:0.005%;P:0.02%;S:0.001%;Ca:0.005%;B:0.005%;REM:0.01%;余量为铁。

[0065] 实施例 4。

[0066] 本实施例中,高性能双相不锈钢包括下述质量百分比的组分:

Cr:23%;Ni:5.6%;C:0.01%;Si:0.6%;Mn:1.5%;N:0.18%;Cu:0.3%;O:0.003%;P:0.01%;S:0.0005%;Ca:0.05%;B:0.03%;REM:0.1%;余量为铁。

[0067] 实施例 5。

[0068] 本实施例中,高性能双相不锈钢包括下述质量百分比的组分:

Cr :22% ;Ni :5.3% ;C :0.01% ;Si :0.5% ;Mn :1.3% ;N : 0.16% ;Cu :0.3% ;O :0.003% ;P :0.01% ;S :0.0005% ;Ca :0.03% ;B :0.01% ;REM :0.05% ;余量为铁。

[0069] 本发明中,相对压下率是指轧制前的厚度减需轧制的目标厚度之后再除以轧前的厚度。

[0070] 本说明书中所描述的以上内容仅仅是对本发明所作的举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,只要不偏离本发明说明书的内容或者超越本权利要求书所定义的范围,均应属于本发明的保护范围。

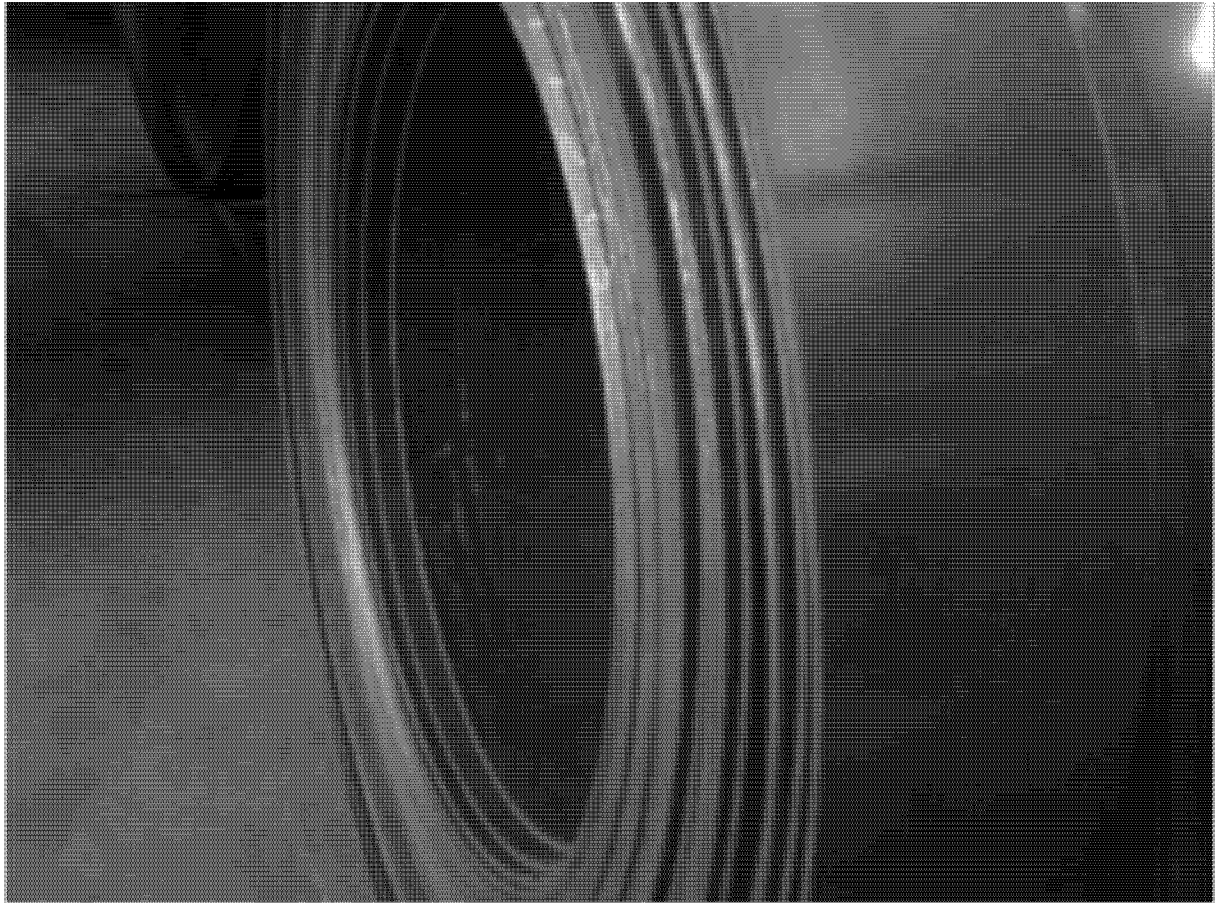


图 1

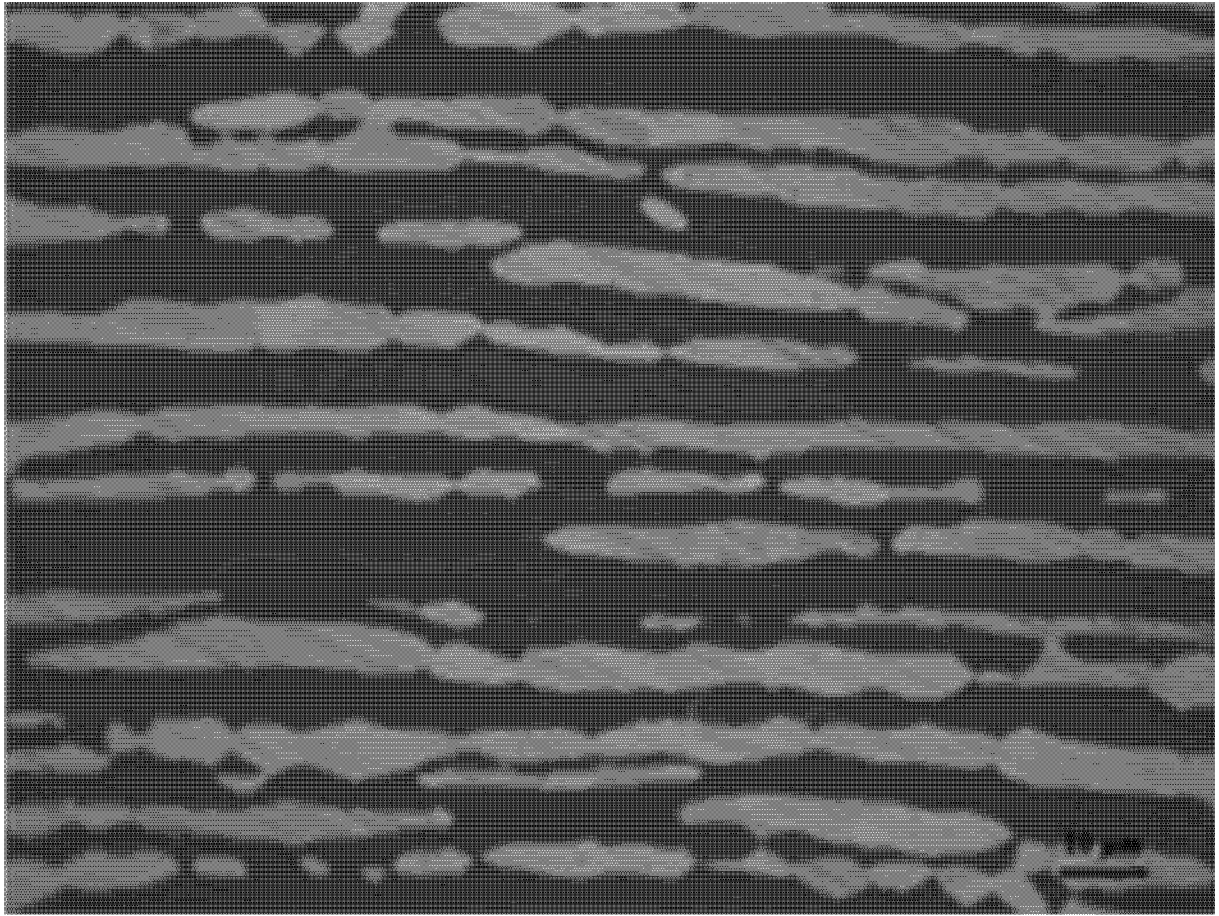


图 2

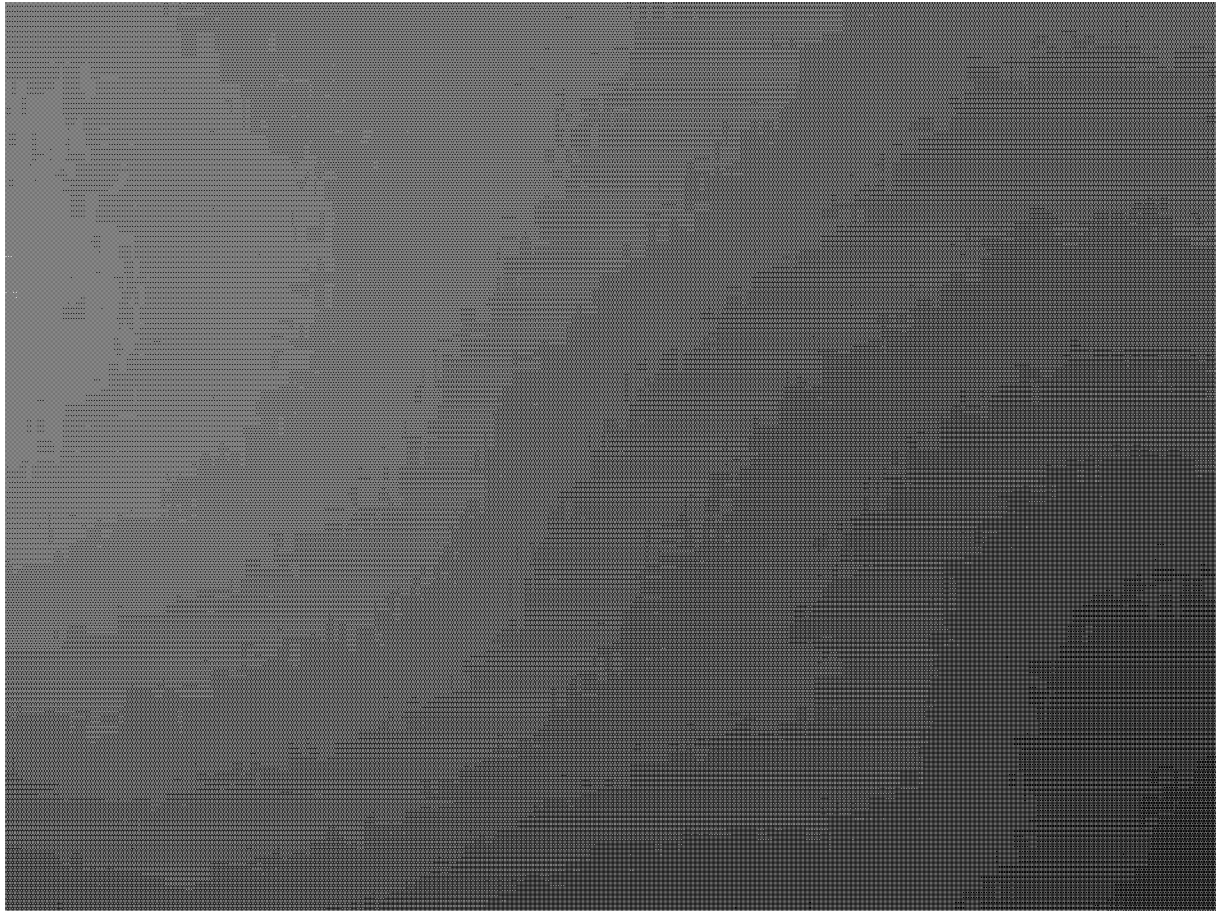


图 3

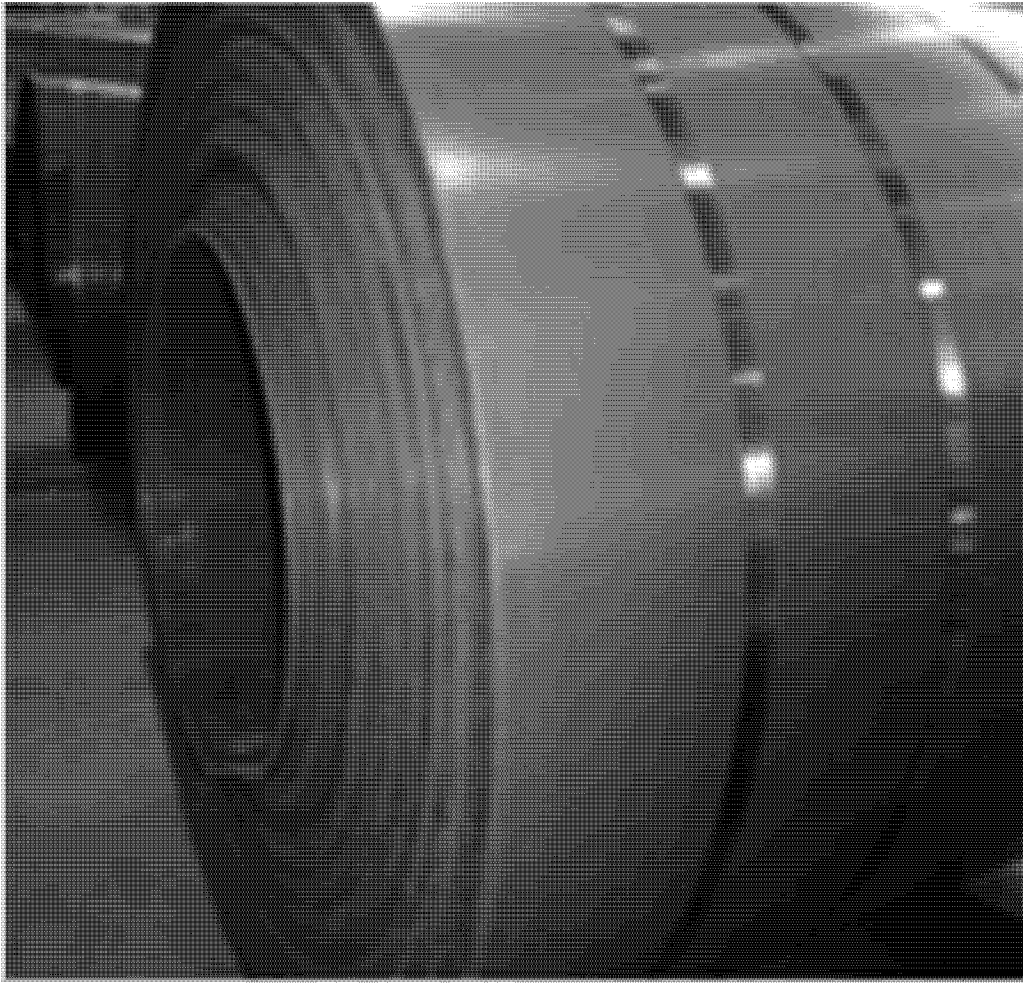


图 4

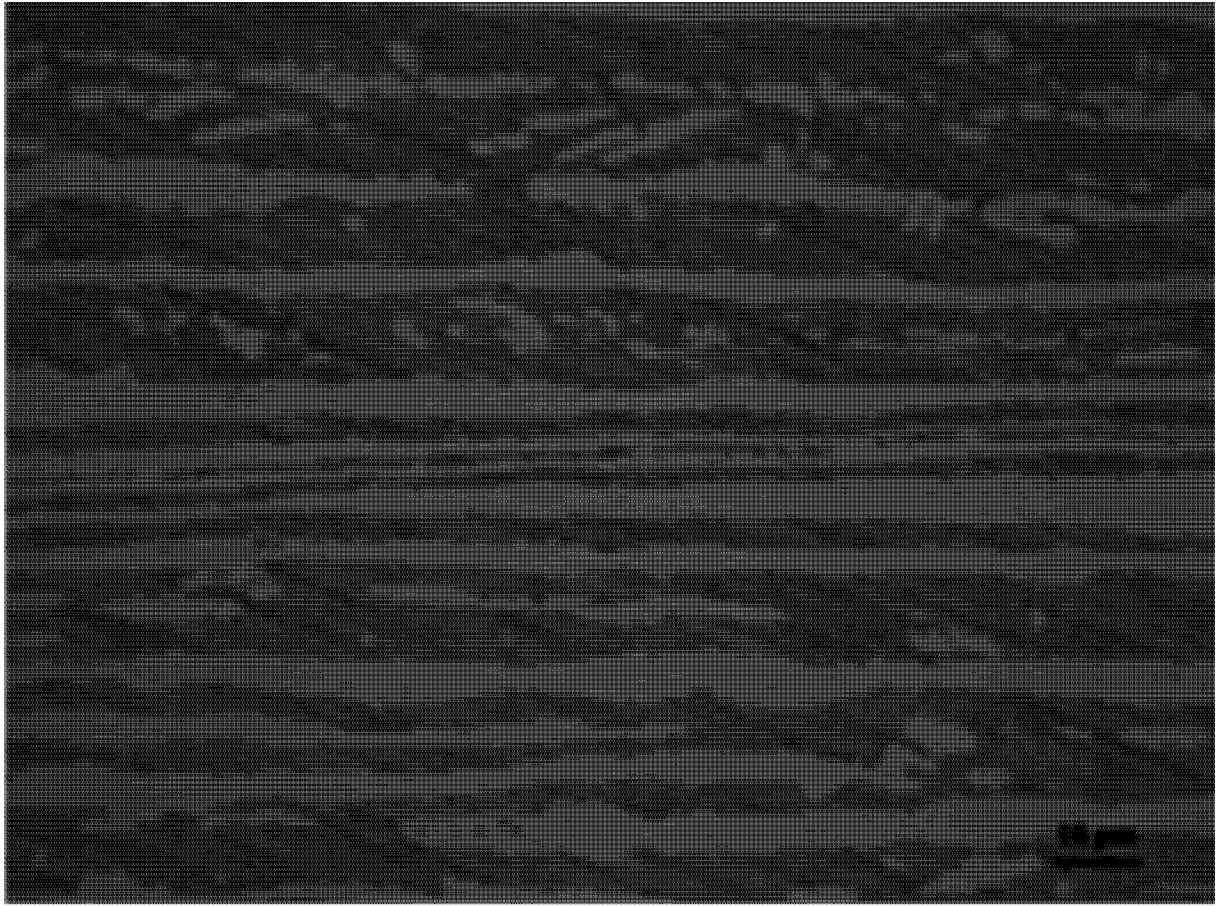


图 5



图 6