(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103305744 B
(45)授权公告日 2016.03.30

(21)申请号 201210060176.7

(22)申请日 2012.03.08

(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 黑红旭 陈晓 刘献东 谢世殊 宿德军 林润杰 章培莉 江荣强 叶淼

(74)专利代理机构 上海市华诚律师事务所 31210
代理人 徐申民 杜娟

(51)Int.Cl.
C22C 38/04(2006.01)
C21D 8/12(2006.01)
C21D 9/56(2006.01)

(56)对比文件
JP H05186831 A,1993.07.27,
CN 201201973 Y,2009.03.04,
CN 102268516 A,2011.12.07,
CN 101812571 A,2010.08.25,
CN 101906529 A,2010.12.08,

审查员 胡晓笑

权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种高质量硅钢常化基板的生产方法

(57)摘要

本发明涉及一种高质量硅钢常化基板的生产方法。本发明的方法包括炼钢、热轧、常化步骤，在该常化步骤中使用常化炉，该常化炉沿带钢运行方向依次包括预热段、无氧化加热段、炉喉、后续常化处理各炉段、出口密封室，其中，该常化炉的炉压具有如下分布：沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压最高，炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低，并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低。本发明的方法可以成功防止常化处理过程中致密氧化物的形成，实现硅钢常化基板质量的提高。本发明的方法具有常化后续工艺简单、成本降低的特点，可用于高质量硅钢常化基板的大规模生产。

CN 103305744 B

1. 一种硅钢常化基板的生产方法，包括炼钢、热轧、常化步骤，在该常化步骤中使用常化炉，该常化炉沿带钢运行方向依次包括预热段、无氧化加热段、炉喉、后续常化处理各炉段、出口密封室，其特征在于，该常化炉的炉压具有如下分布：沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压最高，炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低，并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低；

所述炉压的分布通过如下步骤实现：向炉喉与出口密封室之间的炉段充入保护气氛，调整炉喉与出口密封室之间炉段的保护气氛供应量；

在所述的炉压分布中，沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差控制为 0 ～ 10Pa 之间。

2. 如权利要求 1 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，所述后续常化处理各炉段包括选自于辐射管加热 / 冷却段、电 / 辐射管均热段、辐射管 / 水套冷却段中的至少一个炉段，所述后续常化处理各炉段可以以任意次序排布。

3. 如权利要求 1 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，所述保护气氛为 N_2。

4. 如权利要求 3 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，所述炉段的保护气氛 N_2 的供应量满足下述关系：

$$\frac{\text{炉喉}N_2\text{通入量}}{\text{后续常化处理各炉段}N_2\text{通入量总和}} \geq 1.2。$$

5. 如权利要求 1 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，控制所述炉压差 5 ～ 10Pa 之间。

6. 如权利要求 1 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，在所述的炉压分布中，炉压控制基准点设定为 10 ～ 25Pa。

7. 如权利要求 1 所述的硅钢常化基板的生产方法，其特征在于，在所述的炉压分布中，从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低的斜率为 -0.05 ～ -0.25，从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低的斜率为 0.55 ～ 0.8，即：

$K'_{\text{出口方向}}$ =（沿带钢运行方向后续常化处理各炉段中最后一个炉段的炉压 - 沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压）/ 对应的两个炉段之间的距离 = -0.05 ～ -0.25；

$K_{\text{入口方向}}$ =（无氧化加热段的炉压 - 炉压控制基准点）/ 对应的两个炉段之间的距离 = 0.55 ～ 0.8。

一种高质量硅钢常化基板的生产方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高质量硅钢常化基板的生产方法。

背景技术

[0002] 国内外无取向电工钢产能规模已经逐步进入产能过剩的时代，取向硅钢低等级产品也已经进入饱和状态，为了使产品在激烈的市场竞争中占据一席之地，突破方向就是实现产品质量的不断提升，或者是生产成本的不断降低。硅钢的生产方法包括炼钢、热轧、常化、酸洗、冷轧和后续退火处理。无取向硅钢常化处理的目的是让热轧板在冷轧前得到粗大的晶粒组织，使冷轧板退火时获得强度高的Ovw织构。取向硅钢产品是调整晶粒度和织构，硬相控制，产生自由的C、N，析出ALN等。

[0003] 常化处理过程控制不好，即在实际生产过程中，无氧化加热炉内尚未完全混合燃烧的煤气、空气及烟气混合物倒灌到炉喉后部的炉段，造成露点上升，剩余的氧气和带钢进一步发生反应，会在基板表面形成一层非常难于去除由Si、Al、Mn等组成的致密氧化物。这些粘附于基板表面的氧化物，在后续的抛丸和酸洗处理过程中非常难去除。经过冷轧轧制后，会在轧硬板表面局部或者整个板宽上附着着向灰尘一样的点条状无手感物质。

[0004] 日本硅钢生产技术处于世界领先水平，日本相关专利如特许公报昭48-19048集中在对已产生的致密氧化物，如何通过加强酸洗处理来尽可能进行去除。国内公开出版的文献“何忠治编著的《电工钢》”对如何消除粘附于基板表面的氧化物也有描述。其具体的内容如下：将退火后的钢板在含有10％HF的浓盐酸中或1～2％HF+6％HNO3酸中70℃酸洗，或者经H3PO4+HF化学磨光或电解磨光。将氧化物完全去除的基板经后续处理的硅钢成品，铁损会明显降低。

[0005] 上述文献都是在常化的后续步骤中通过加强酸洗来去除基板表面的致密氧化物，但是这只是后续的补救措施。因此存在着常化后续工艺复杂化、成本增加的问题。因此仍然希望能在常化处理过程中防止致密氧化物的形成。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于提供一种实现高质量硅钢常化基板的生产方法。高质量是指通过该方法常化处理后基板不产生后续酸洗无法去除的致密氧化物。本发明的方法可以成功防止常化处理过程中致密氧化物的形成，实现硅钢常化基板质量的提高。通过本发明的方法，使常化后续工艺简单、成本降低。

[0007] 本发明提供了一种硅钢常化基板的生产方法，包括炼钢、热轧、常化步骤，在该常化步骤中使用常化炉，该常化炉沿带钢运行方向依次包括预热段、无氧化加热段、炉喉、后续常化处理各炉段、出口密封室，其中，该常化炉的炉压具有如下分布：沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压最高，炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低，并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低。

[0008] 在本发明的方法中，所述后续常化处理各炉段包括选自于辐射管加热/冷却段、

电/辐射管均热段、辐射管/水套冷却段中的至少一个炉段，所述后续常化处理各炉段可以以任意次序排布。

[0009] 在本发明的方法中，包括向炉喉与出口密封室之间的炉段充入保护气氛 N_2，通过调整炉喉与出口密封室之间炉段的保护气氛 N_2 供应量，来实现所述炉压分布。

[0010] 在本发明的方法中，所述炉段的保护气氛 N_2 的供应量满足下述关系：

[0011]

$$\frac{\text{炉喉}N_2\text{通入量}}{\text{后续常化处理各炉段}N_2\text{通入量总和}} \geq 1.2。$$

[0012] 在本发明的方法中，在所述的炉压分布中，沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差控制为 0 ～ 10Pa 之间，优选控制所述炉压差 5 ～ 10Pa 之间。

[0013] 在本发明的方法中，在所述的炉压分布中，炉压控制基准点设定为 10 ～ 25Pa。

[0014] 在本发明的方法中，在所述的炉压分布中，从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低的斜率为 -0.05 ～ -0.25，从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低的斜率为 0.55 ～ 0.8。

[0015] 本发明的方法可以成功防止常化处理过程中致密氧化物的形成，实现硅钢常化基板质量的提高。通过本发明的方法，使常化后续工艺简单、成本降低。

附图说明

[0016] 图 1 是常化炉中原炉压分布和本发明的新炉压分布对比示意图。其中，A 表示预热段，B 表示无氧化加热段，C 表示与炉喉相邻的下游炉段，D 表示后续常化处理各炉段中最后一个炉段。

[0017] 图 2 是当常化炉的炉喉处发生无氧化加热段的烟气倒灌时，炉喉后续炉段检测到的露点和氧含量变化趋势图。

具体实施方式

[0018] 下面结合附图和实施例对本发明的方法进行具体说明，但本发明不限于此。

[0019] 硅钢常化基板的生产方法，包括炼钢、热轧、常化步骤，在该常化步骤中，沿带钢运行方向常化炉依次包括预热段、无氧化加热段、炉喉（炉膛高度突然变低）、后续常化处理各炉段、出口密封室。其中后续常化处理各炉段包括选自于辐射管加热/冷却段、电/辐射管均热段、辐射管/水套冷却段中的至少一个炉段，所述后续常化处理各炉段可以以任意次序排布。其中炉喉之前的加热为直焰燃烧的无氧化加热，炉喉到出口密封室之间（包括炉喉和出口密封室）充入保护气氛 N_2。常化炉功能包括预热、加热、均热和冷却。

[0020] 沿带钢运行方向，在预热段、无氧化加热段、与炉喉相邻的下游炉段、后续常化处理各炉段中最后一个炉段检测的炉压如图 1 所示。炉压是指炉膛内部的压力。预热段处检测的炉压称为炉压控制基准点。

[0021] 本发明是通过图 1 所示的常化炉中一种新型炉压分布，杜绝烟气倒灌，避免热轧钢板在后续常化处理过程中，表面产生酸洗无法有效去除的致密氧化物，进而实现常化基板质量的提高。热轧钢板的主要元素的重量百分比 $0.5 \leqslant Si \leqslant 6.5\%$、$0.05 \leqslant Mn \leqslant 0.55\%$、

0.05 ≤ AL ≤ 0.7%、C ≤ 0.05%、P ≤ 0.03%、S ≤ 0.03%，其余为 Fe 和一些不可避免的杂质元素。这只是热轧钢板的一般化学成分，本发明并不限于此，还可以包括其他的化学成分。

[0022] 在图 1 所示的原炉压分布中，正常生产过程中，炉喉部一般不补充或者补充很少量的保护氮气。生产的产品品种、规格发生变化或者工艺切换，通板速度变化都会引起燃烧负荷的变化，尤其是过渡卷生产过程中，由于过渡卷的材质、规格和使用次数不同，会造成炉内气氛的剧烈波动，从而发生无氧化加热炉段的烟气向炉喉后部炉段倒灌的现象，未燃烧耗尽的空气（含有大量的氧气）和烟气（含有气态 H_2O）与高温带钢发生反应，会在基板表层逐步形成致密的氧化物。

[0023] 图 1 所示的本发明的新炉压具有如下分布：沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压最高，炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低，并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低。在本发明中，向炉喉与出口密封室之间的炉段充入保护气氛 N_2。新炉压分布可以通过调整炉喉与出口密封室之间炉段的保护气氛 N_2 供应量，比如通过调整炉喉及后续常化处理各炉段的保护气氛的流量比来实现的。具体的做法是在炉喉处通入一定量的保护氮气，在炉喉处形成由氮气有效割断的保护帘。为了形成有效氮气保护帘，通入炉喉的氮气量和通入后续常化处理各炉段的氮气量需要满足下述关系：

[0024]

$$\frac{\text{炉喉}N_2\text{通入量}}{\text{后续常化处理各炉段}N_2\text{通入量总和}} \geq 1.2。$$

[0025] 为了形成有效氮气保护帘，彻底杜绝烟气倒灌，如图 1 所示，在本发明的新炉压分布中，沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差控制为 0 ～ 10Pa 之间，优选控制所述炉压差 5 ～ 10Pa 之间。。

[0026] 无氧化加热炉内供应的燃料在炉内燃烧，在一定体积的炉膛内，燃烧产生的废气和排烟风机排除的废气量控制一个平衡点就可以将炉压稳定控制在炉压控制基准点，为了在节约能源的基础上实现炉压的稳定控制，在本发明的常化炉的新炉压分布中，炉压控制基准点设定为 10 ～ 25Pa。如果炉压控制基准点低于 10Pa，从常化炉入口密封辊处会吸入大量的空气，如果炉压控制基准点高于 25Pa，则会有大量的烟气溢出炉膛，既损失大量的热能，又会威胁到周围设备的安全。

[0027] 根据不同的炉体结构尺寸，通过调节出口密封室的氮气量，调整从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低斜率 $K'_{\text{出口方向}}$，即最高点到常化炉出口方向的炉压降低斜率。

[0028] $K'_{\text{出口方向}}$ =（沿带钢运行方向后续常化处理各炉段中最后一个炉段的炉压 - 沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段的炉压）/ 对应的两个炉段之间的距离

[0029] 为了保证本发明的炉压分布、又尽可能减少氮气消耗，如图 1 所示，在本发明的新炉压分布中，从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低斜率 $K'_{\text{出口方向}}$ 为 -0.05 ～ -0.25。

[0030] 配合烟气挡板和排烟风机，可以调节从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低斜率 $K_{\text{入口方向}}$，即调节图 1 中无氧化加热炉段到炉压控制基准点的炉压降低斜

率。

[0031] $K_{入口方向}$ =（无氧化加热段的炉压－炉压控制基准点）/对应的两个炉段之间的距离

[0032] 如图1所示，从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低的斜率$K_{入口方向}$为0.55～0.8。如果该斜率大于0.8，会造成烟气钢带之间的有效换热不充分，排烟温度升高，浪费能源；如果该斜率小于0.55，不能形成炉膛内炉压梯度分布，炉内气流不顺畅，影响无氧化加热炉烧嘴的稳定燃烧。

[0033] 整个炉膛内的炉压分布在满足上述关系时，生产的常化钢板表面质量最优。

[0034] 通过本发明的方法，通过对常化炉保护氮气的补入位置和流量的调整，在炉喉处形成由氮气有效割断的保护帘，以及通过炉喉到入口、出口方向的斜率的有效控制，彻底杜绝烟气倒灌，避免了热轧钢板在后续常化处理过程中，表面产生酸洗无法有效去除的致密氧化物，进而实现常化基板质量的提高。

[0035] 制备例

[0036] 热轧钢卷的生产方法，包括炼钢、热轧步骤，具体说明如下：

[0037] 1）炼钢工艺：包含转炉吹炼、RH精炼和连铸工艺；通过以上工艺能够严格控制产品的成份、夹杂物及微观组织；可将钢中不可避免杂质及残余元素控制在较低水平，并减少钢中夹杂物数量且使夹杂物粗化，通过一系列炼钢工艺技术，根据不同类别产品以合理成本的获得尽可能高等轴晶率的铸坯。

[0038] 2）热轧工艺：包含对步骤1不同钢种连铸坯所设计的不同温度加热、粗轧、精轧、层流冷却及卷取；通过宝钢自主开发的热轧工艺，可有效节能、获得可满足最终产品优异性能质量要求的高产、高质量且性能优异的热卷。制备的热轧钢卷的化学成分如下：0.5≤Si≤6.5%、0.05≤Mn≤0.55%、0.05≤AL≤0.7%、C≤0.05%、P≤0.03%、S≤0.03%，其余为Fe和一些不可避免的杂质元素。

[0039] 实施例

[0040] 具有化学成分C：20ppm，Si：3.06％、Mn：0.2％、AL：0.58％、P：0.004％、S＜0.0005%的热轧钢卷，经不同方法常化后，酸洗，冷轧后产品表面质量如下：

[0041] 表1. 本发明的炉压分布生产的常化基板和发生烟气倒灌后生产的常化基板对比

[0042]

	供氮比例[1]	基准点炉压[2]	炉喉后炉压[3]－无氧化加热段炉压	$K_{入口方向}$	$K'_{出口方向}$	酸洗后常化基板上的氧化物残留
实施例1	1.3	20	5	0.70	-0.1	无
实施例2	1.35	15	7	0.80	-0.15	无
比较例1	1.15	20	-5	0.45	-0.15	（烟气倒灌）有
比较例2	1.1	25	-4	0.90	-0.07	（烟气倒灌）有

[0043] 备注1：供氮比例指的是炉喉N_2通入量（Nm^3/hr）/后续常化处理各炉段N_2通入量总和（Nm^3/hr）的比值。

[0044] 备注2：基准点炉压是指控制基准点炉压。

[0045] 备注 3 :炉喉后炉压指沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段炉压。

[0046] 在实施例 1 中,供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 至 1.3。沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差是 5Pa,从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低的斜率 $K'_{出口方向}$为 -0.1,从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低的斜率 $K_{入口方向}$为 0.70。根据上述数据可以看出,沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段炉压最高,炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低,并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低,实现了本发明的炉压分布方式。实施例 1 通过调整供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 至 1.3,在炉喉处形成由氮气有效割断的保护帘,实现了本发明的炉压分布方式,因此酸洗后常化基板上没有氧化物残留。炉压控制基准点设定为 20Pa,实现炉压的稳定控制。

[0047] 在实施例 2 中,供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 至 1.35。沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差是 7Pa。从沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段指向常化炉出口方向的炉段的炉压降低的斜率 $K'_{出口方向}$为 -0.15,从无氧化加热段指向常化炉入口方向的炉段的炉压降低的斜率 $K_{入口方向}$为 0.80。根据上述数据可以看出,沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段炉压最高,炉压从炉压最高的该炉段向常化炉入口方向的炉段逐渐降低,并且炉压从炉压最高的该炉段向常化炉出口方向的炉段逐渐降低,实现了本发明的炉压分布方式。实施例 2 通过调整供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 至 1.35,在炉喉处形成由氮气有效割断的保护帘,实现了本发明的炉压分布方式,因此酸洗后常化基板上没有氧化物残留。炉压控制基准点设定为 15Pa,实现炉压的稳定控制。

[0048] 在比较例 1 中,供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 是 1.15,沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差是 -5Pa。从上述数据可以看出,是无氧化加热段的炉压最高,没有实现本发明的炉压分布。由于供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 小于 1.2,从而在炉喉处不能形成由氮气有效割断的保护帘,没有实现本发明的炉压分布方式,因此发生烟气倒灌,酸洗后常化基板上有氧化物残留。

[0049] 在比较例 2 中,供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 是 1.1,沿带钢运行方向与炉喉相邻的下游炉段与无氧化加热段之间的炉压差是 -4Pa。从上述数据可以看出,是无氧化加热段的炉压最高,没有实现本发明的炉压分布。由于供氮比例 (即炉喉 N_2通入量 (Nm^3/hr) / 后续常化处理各炉段 N_2通入量总和 (Nm^3/hr) 的比值) 小于 1.2,从而在炉喉处不能形成由氮气有效割断的保护帘,没有实现本发明的炉压分布方式,因此发生烟气倒灌,酸洗后常化基板上有氧化物残留。

[0050] 在比较例 1 中,当炉喉处发生无氧化加热炉段的烟气倒灌时,炉喉后续炉段检测到的露点和氧含量的变化趋势如图 2 所示,在此过程中生产的常化板经酸洗后带钢表面存在很难去除的氧化物。露点是指烟气中的含水量。

[0051] 产业应用性

[0052] 本发明的高质量硅钢常化基板的生产方法可以成功防止常化处理过程中致密氧化物的形成，实现硅钢常化基板质量的提高。本发明的方法具有常化后续工艺简单、成本降低的特点，可用于高质量硅钢常化基板的大规模生产。

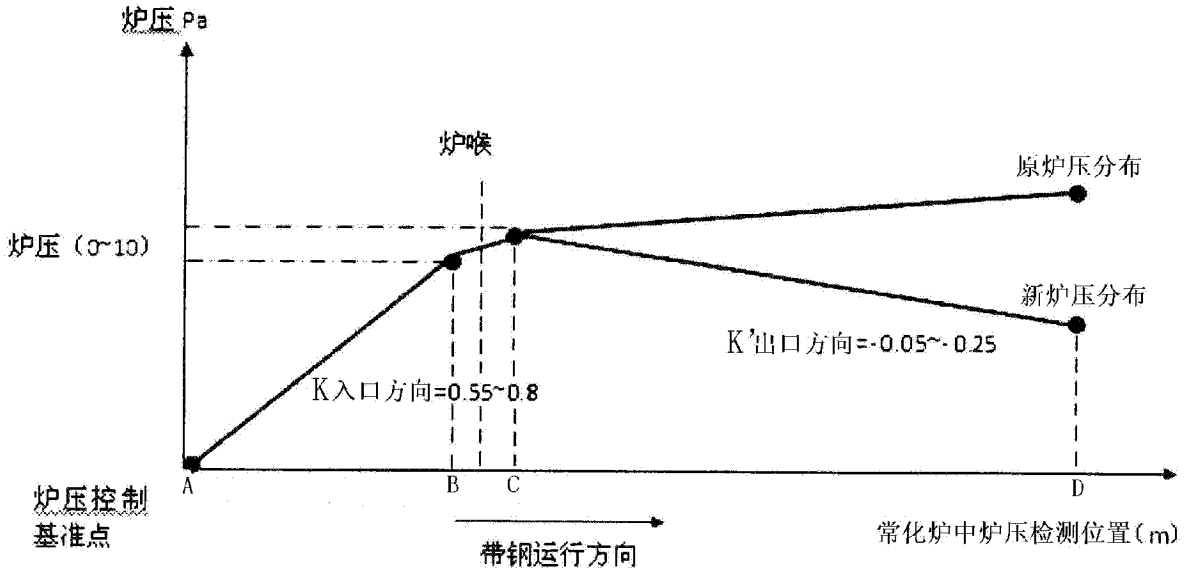
炉压 Pa
炉喉
原炉压分布
炉压（0~10）
新炉压分布
K'出口方向=-0.05~-0.25
K入口方向=0.55~0.8
A
B
C
D
炉压控制
基准点
带钢运行方向
常化炉中炉压检测位置（m）

图 1

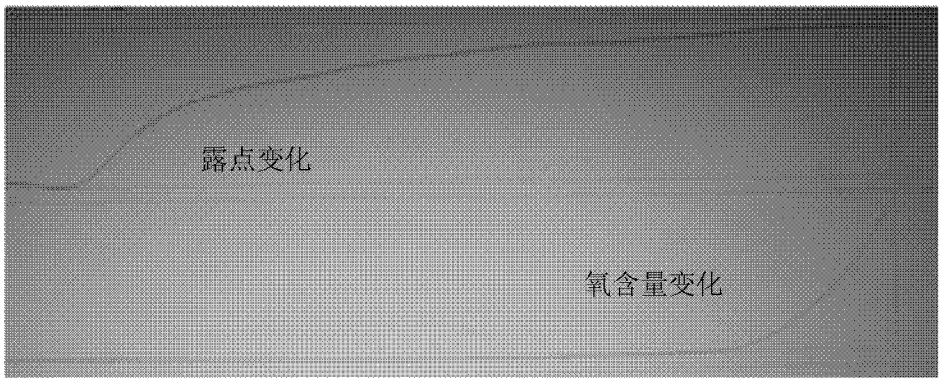
露点变化
氧含量变化

图 2