

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 12 月 22 日 (22.12.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/262020 A1

- (51) 国际专利分类号:
C22C 38/02 (2006.01) C22C 38/06 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01) C21D 8/02 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/105008
- (22) 国际申请日: 2021 年 7 月 7 日 (07.07.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202110670657.9 2021年6月17日 (17.06.2021) CN
- (71) 申请人: 江苏省沙钢钢铁研究院有限公司(INSTITUTE OF RESEARCH OF IRON & STEEL, JIANGSU PROVINCE/SHA-STEEL, CO. LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。 张家港扬子江冷轧板有限公司(ZHANGJIAGANG YANGTZE RIVER COLD

ROLLED PLATE CO. LTD) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。 江苏沙钢集团有限公司(JIANGSU SHAGANG GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。

(72) 发明人: 岳重祥(YUE, Chongxiang); 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。 陆佳栋(LU, Jiadong); 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。 吴圣杰(WU, Shengjie); 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。 钱红伟(QIAN, Hongwei); 中国江苏省苏州市张家港市锦丰镇, Jiangsu 215625 (CN)。

(74) 代理人: 苏州威世朋知识产权代理事务所(普通合伙)(SUZHOU WISPRO INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国江苏省苏州市苏州

(54) Title: NON-ORIENTED SILICON STEEL AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 无取向硅钢及其生产方法

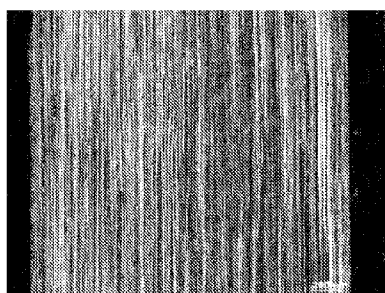


图 4

(57) Abstract: A non-oriented silicon steel and a production method therefor. The production method: performing steelmaking according to 0.8-1.1% of Si and 0.2-0.4% of Mn, and making a blank without adding Sn and Sb; heating the casting blank to 1060-1120 ° C and keeping the temperature for more than 150 min, then rolling into an intermediate blank having the thickness of 40-45 mm, then performing finish rolling, and rolling to obtain a hot rolled coil having the thickness of 3.00 ± 0.25 mm, wherein the finish rolling temperature is less than or equal to $872^{\circ}\text{C} + 1000 * (11 * [\text{Si}] - 14 * [\text{Mn}] + 21 * [\text{Al}])$, the finish rolling temperature is less than or equal to 820°C and the coiling temperature is less than or equal to 560°C ; and normalizing and acid continuous rolling to obtain a cold hard roll having the thickness of 0.500 ± 0.005 mm, and the normal temperature of $850-900^{\circ}\text{C}$. The annealing temperature of the finished product is $820-880^{\circ}\text{C}$, and annealing, cooling, coating and finishing are performed to obtain the non-oriented silicon steel.

(57) 摘要: 一种无取向硅钢及其生产方法。所述生产方法包括: 按照 Si 0.8 ~ 1.1%、Mn 0.2 ~ 0.4%、不添加 Sn 和 Sb 进行炼钢, 并制坯; 将铸坯加热到 1060 ~ 1120 ° C 并保温 150min 以上, 而后轧成厚度 40 ~ 45mm 的中间坯, 再经精轧、卷取得到厚度为 $3.00 \pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板, 精轧开轧温度 $\leq 872^{\circ}\text{C} + 1000 * (11 * [\text{Si}] - 14 * [\text{Mn}] + 21 * [\text{Al}])$; 精轧终轧温度 $\leq 820^{\circ}\text{C}$, 卷取温度 $\leq 560^{\circ}\text{C}$; 常化、酸连轧, 得到厚度为 $0.500 \pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷, 常化温度 $850 \sim 900^{\circ}\text{C}$; 成品退火温度 $820 \sim 880^{\circ}\text{C}$, 退火后经冷却、涂层和精整, 得到无取向硅钢。

工业园区金鸡湖大道1355号国际科技园A1502
单元谢丽君, Jiangsu 215021 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

无取向硅钢及其生产方法

本申请要求了申请日为 2021 年 06 月 17 日，申请号为 202110670657.9，发明名称为“无取向硅钢及其生产方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明属于钢铁材料制备技术领域，涉及一种无取向硅钢及其生产方法。

背景技术

无取向硅钢是在旋转磁场中工作的电动机和发电机转子的铁芯材料，其质量稳定性对于提升电机质量水平具有重要意义。中低牌号无取向硅钢 Si 含量控制在 0.5%~1.7%，现有通用的生产工艺路线一般为炼钢-铸坯-热轧-酸连轧-退火-涂层和精整。其中，热轧工序中得到等轴铁素体+变形铁素体，铁素体晶粒尺寸及等轴铁素体的占比受热轧工序中的轧制温度和卷取温度影响极为明显；而由于热轧卷板的头尾散热快，使得热轧卷板的头尾处的轧制温度和卷取温度比热轧卷板的中部低，进而导致与中部相比，头尾部的铁素体晶粒细小且变形铁素体比例高。最终，无取向硅钢的成品卷的头尾部铁损高、磁感应强度低，存在通卷磁性能不一致的问题。

为了解决中低牌号无取向硅钢的通卷磁性能不一致的问题，现在的应对方法主要有退火头尾降速生产，也即，在退火工序中，针对钢卷的头部和尾部进行退火时的辊速小于针对钢卷的中部进行退火时的辊速，以期通过退火来改善通卷磁性能的一致性，然而，该应对方法导致生产中要调整辊速，增加生产难度，且降低生产效率、提高退火工序的生产成本。

发明内容

针对现有技术所存在的问题，本发明的目的在于提供一种无取向硅钢及其生产方法，在不显著增加生产成本、满足中小型电机对中低牌号无取向硅钢的要求的前提下，解决无取向硅钢的通卷磁性能不一致的问题。

为实现上述发明目的，本发明一实施方式提供了一种无取向硅钢，其化学成分以质量百分比计包括：C≤0.004%，S≤0.004%，Si:0.8~1.1%，Mn:0.2~0.4%，P≤0.03%，Nb≤0.004%，V≤0.006%，Ti≤0.005%，Cr≤0.03%，Ni≤0.03%，Cu≤0.03%，N≤0.004%，Al:0.15~0.30%或者 Al≤0.02%，其它为 Fe 及不可避免的夹杂；所述无取向硅钢的厚度为 0.500±0.005mm，其通过依序进行的炼钢、铸坯、热轧、常化、酸连轧、成品退火、冷却、涂层和精整制备而成；

在炼钢工序期间不添加 Sn 和 Sb；

在热轧工序中：将铸坯工序所得铸坯加热到 1060~1120℃并保温 150min 以上，而后轧制成厚度 40~45mm 的中间坯，再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 3.00±0.25mm 的热轧卷板，其

中，精轧开轧温度 $\leq A_{r1}=872^{\circ}\text{C}+1000*(11*[\text{Si}]-14*[\text{Mn}]+21*[\text{Al}])$ ，式中 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{Al}]$ 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比；精轧终轧温度 $\leq 820^{\circ}\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^{\circ}\text{C}$ ；

在常化工序中，常化温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ ；

在成品退火工序中，恒速生产，退火温度为 $820\sim 880^{\circ}\text{C}$ 。

优选地，所述无取向硅钢的铁损 $P_{1.5/50}\leq 4.2\text{W/kg}$ 且头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2\text{W/kg}$ 、磁感应强度 $B_{5000}\geq 1.72\text{T}$ 且头中尾的磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02\text{T}$ 。

优选地，常化工序中，在纯干 N_2 气氛下常化 $120\sim 150\text{s}$ 。

优选地，常化工序中，常化温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，且恒速生产。

优选地，退火工序中，退火时间 $50\pm 5\text{s}$ ，且退火温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，且退火恒速生产。

为实现上述发明目的，本发明一实施方式提供了一种无取向硅钢的生产方法，其包括以下步骤，

1) 在不添加 Sn 和 Sb 的情况下进行炼钢，并制备出铸坯，铸坯的化学成分以质量百分比计为： $\text{C}\leq 0.004\%$ ， $\text{S}\leq 0.004\%$ ， $\text{Si}:0.8\sim 1.1\%$ ， $\text{Mn}:0.2\sim 0.4\%$ ， $\text{P}\leq 0.03\%$ ， $\text{Nb}\leq 0.004\%$ ， $\text{V}\leq 0.006\%$ ， $\text{Ti}\leq 0.005\%$ ， $\text{Cr}\leq 0.03\%$ ， $\text{Ni}\leq 0.03\%$ ， $\text{Cu}\leq 0.03\%$ ， $\text{N}\leq 0.004\%$ ， $\text{Al}:0.15\sim 0.30\%$ 或者 $\text{Al}\leq 0.02\%$ ，其它为 Fe 及不可避免的夹杂；

2) 将铸坯加热到 $1060\sim 1120^{\circ}\text{C}$ 并保温 150min 以上，而后轧制成厚度 $40\sim 45\text{mm}$ 的中间坯，再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 $3.00\pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板，其中，精轧开轧温度 $\leq A_{r1}=872^{\circ}\text{C}+1000*(11*[\text{Si}]-14*[\text{Mn}]+21*[\text{Al}])$ ，式中 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{Al}]$ 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比；精轧终轧温度 $\leq 820^{\circ}\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^{\circ}\text{C}$ ；

3) 将热轧卷板依序进行常化、酸连轧，得到厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷，其中常化温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ ；

4) 将冷硬卷采用连续退火炉在 H_2+N_2 的混合气氛中恒速进行成品退火，成品退火温度为 $820\sim 880^{\circ}\text{C}$ ；退火后的钢带经冷却、涂层和精整，得到无取向硅钢。

优选地，步骤 3 中，在纯干 N_2 气氛下常化 $120\sim 150\text{s}$ 。

优选地，步骤 3 中，常化温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，且恒速生产。

优选地，步骤 4 中，退火时间 $50\pm 5\text{s}$ ，且退火温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，且退火恒速生产。

优选地，所得无取向硅钢的铁损 $P_{1.5/50}\leq 4.2\text{W/kg}$ 且头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2\text{W/kg}$ 、磁感应强度 $B_{5000}\geq 1.72\text{T}$ 且头中尾的磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02\text{T}$ 。

为实现上述发明目的，本发明一实施方式提供了一种无取向硅钢的生产方法，其包括以下步骤，

1) 按照化学成分中 Si 质量百分比 0.8~1.1%、Mn 质量百分比 0.2~0.4% 进行炼钢, 且炼钢期间不添加 Sn 和 Sb, 并制备出铸坯;

2) 将铸坯加热到 1060~1120°C 并保温 150min 以上, 而后轧制成厚度 40~45mm 的中间坯, 再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 3.00 ± 0.25 mm 的热轧卷板, 其中, 精轧开轧温度 $\leq A_{r1} = 872^\circ\text{C} + 1000 * (11 * [\text{Si}] - 14 * [\text{Mn}] + 21 * [\text{Al}])$, 式中 [Si]、[Mn]、[Al] 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比; 精轧终轧温度 $\leq 820^\circ\text{C}$, 卷取温度 $\leq 560^\circ\text{C}$;

3) 将热轧卷板依序进行常化、酸连轧, 得到厚度为 0.500 ± 0.005 mm 的冷硬卷, 其中常化温度为 850~900°C;

4) 将冷硬卷采用连续退火炉在 $\text{H}_2 + \text{N}_2$ 的混合气氛中恒速进行成品退火, 成品退火温度为 820~880°C; 退火后的钢带经冷却、涂层和精整, 得到无取向硅钢。

与现有技术相比, 本发明的有益效果为:

(1) 采用所述生产方法制备得到的厚度为 0.500 ± 0.005 mm 的无取向硅钢成品, 铁损 $P_{1.5/50} \leq 4.2 \text{W/kg}$, 磁感应强度 $B_{5000} \geq 1.72 \text{T}$, 磁性能优异, 与现有 Si 含量 1.4~1.7% 的无取向硅钢的磁性能基本相同, 能够满足中小型电机对中低牌号无取向硅钢的需求, 并且通卷磁性能一致, 头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2 \text{W/kg}$ 、磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02 \text{T}$;

(2) 通过在热轧工序中采用低温轧制、低温卷取工艺, 获得呈完全变形铁素体组织的热轧卷板, 再结合增加的常化工序, 保证最终所得无取向硅钢具有较佳的磁性能的同时, 在成品退火工序中恒速生产的情况下, 解决现有技术中无取向硅钢成品的头中尾磁性能不一致的问题, 并避免常化处理时钢卷出现表面晶粒相较于内部而言异常长大的情况;

(3) 尽管增加了常化工序, 但生产成本并不会增加, 保证较低的生产成本, 具有极高的经济价值。具体地, 热轧工序和常化工序的结合, 充分发挥常化工序对无取向硅钢热轧钢板组织和成品磁性能改善效果, 降低炼钢、热轧、酸连轧、常化和退火各工序生产成本, 确保全流程成本不增加。炼钢工序, 化学成分方面, 将提高磁性能的 Si 元素含量由现有的 1.4~1.7% 降低到 0.8~1.1%、不再添加用于提高磁性能的贵金属 Sn 和 Sb、减少 Mn 元素的添加, 如此在取得与现有化学成分相同的磁性能的前提下, 降低炼钢合金成本。热轧工序中采用低温轧制、低温卷取工艺, 一方面, 降低对加热炉温度要求, 采用低温加热, 相对于现有的热轧工序减少能耗、降低生产成本; 另一方面, 使得热轧卷板的表面氧化铁皮减少, 降低烧损, 提高成材率降低生产成本。同时, 热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 3.00 ± 0.25 mm, 提升热轧工序的生产速率, 整体上降低热轧工序的生产成本。常化工序, 由于热轧采用低温轧制、低温卷取工艺, 热轧卷板内部畸变能较常规高温轧制、高温卷取增加, 常化难度降低, 可实现常化工序中的低温高速生产; 另

外，热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$ ，提升常化工序的生产速率，整体上降低常化工序的生产成本。酸连轧工序，由于热轧采用低温轧制、低温卷取工艺，进而相对现有技术而言，使得钢板表面的氧化铁皮更容易在酸连轧工序中去除干净，相应降低了酸连轧工序中的酸洗难度，提升产品表面质量以及生产速率；同时，热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$ ，提升酸连轧工序的生产速率，整体上降低酸连轧工序的生产成本。退火工序，由于采用热轧工序和常化工序的结合，所得钢卷的头中尾组织均匀，使得退火工序可以采用恒速低温生产，降低生产难度，提升生产效率，进而降低生产成本。

附图说明

图 1 是对比例 1 中的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片；

图 2 是对比例 2 中的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片；

图 3 是对比例 3 中的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片；

图 4 是实施例 1 中的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片；

图 5 是实施例 2 中的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片；

图 6 是对比例 2 中常化工序后的热轧卷板通过显微金相组织检测所得金相组织照片。

具体实施方式

本发明一实施方式提供了一种无取向硅钢，以及该无取向硅钢的生产方法。所述无取向硅钢的化学成分中，Si 含量以质量百分比为 0.8~1.1%，Mn 含量以质量百分比为 0.2~0.4%，其通过依序进行的炼钢、铸坯、热轧、常化、酸连轧、成品退火、冷却、涂层和精整制备而成。也即，所述生产方法包括依序进行的炼钢、铸坯、热轧、常化、酸连轧、成品退火、冷却、涂层和精整等各个工序。下面对所述生产方法按照以下各步骤进行详细介绍。

步骤 1) 按照化学成分中 Si 质量百分比 0.8~1.1%、Mn 质量百分比 0.2~0.4% 进行炼钢，且炼钢期间不添加 Sn 和 Sb，并制备出铸坯。

该步骤 1，也即炼钢工序和铸坯工序。

炼钢工序可包括依序进行的铁水脱硫、转炉冶炼、RH 精炼等工艺，具体可采用现有可行的工艺手段予以实施，不予赘述。其中，按照化学成分中 Si 质量百分比 0.8~1.1%、Mn 质量百分比 0.2~0.4% 进行炼钢，且炼钢期间不添加 Sn 和 Sb，相应的，所得铸坯和最终所得无取向硅钢成品的化学成分中 Si 质量百分比 0.8~1.1%、Mn 质量百分比 0.2~0.4%、不含 Sn 和 Sb。

一实施方式中，所得铸坯和最终所得无取向硅钢成品的化学成分以质量百分比计包括：

$C\leq 0.004\%$ ， $S\leq 0.004\%$ ， $Si:0.8\sim 1.1\%$ ， $Mn:0.2\sim 0.4\%$ ， $P\leq 0.03\%$ ， $Nb\leq 0.004\%$ ， $V\leq 0.006\%$ ， $Ti\leq 0.005\%$ ， $Cr\leq 0.03\%$ ， $Ni\leq 0.03\%$ ， $Cu\leq 0.03\%$ ， $N\leq 0.004\%$ ， $Al:0.15\sim 0.30\%$ ，其它为 Fe 及不可

避免的夹杂。或者，再一实施方式中，所得铸坯和最终所得无取向硅钢成品的化学成分以质量百分比计包括： $C \leq 0.004\%$ ， $S \leq 0.004\%$ ， $Si: 0.8 \sim 1.1\%$ ， $Mn: 0.2 \sim 0.4\%$ ， $P \leq 0.03\%$ ， $Nb \leq 0.004\%$ ， $V \leq 0.006\%$ ， $Ti \leq 0.005\%$ ， $Cr \leq 0.03\%$ ， $Ni \leq 0.03\%$ ， $Cu \leq 0.03\%$ ， $N \leq 0.004\%$ ， $Al \leq 0.02\%$ ，其它为 Fe 及不可避免的夹杂。

优选地，该步骤 1 中所得铸坯的厚度 $\geq 200\text{mm}$ ，长度为 10~11m。

步骤 2) 将步骤 1 中所得铸坯加热到 1060~1120°C 并保温 150min 以上，而后轧制成厚度 40~45mm 的中间坯，再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 $3.00 \pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板。

该步骤 2，也即热轧工序。其中：精轧开轧温度 $\leq A_{r1} = 872^\circ\text{C} + 1000 \cdot (11 \cdot [\text{Si}] - 14 \cdot [\text{Mn}] + 21 \cdot [\text{Al}])$ ，式中 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{Al}]$ 分别为步骤 1 所得铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比。也即，根据步骤 1 所得铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比 $[\text{Si}]$ 、 $[\text{Mn}]$ 、 $[\text{Al}]$ ，计算得到

$A_{r1} = 872^\circ\text{C} + 1000 \cdot (11 \cdot [\text{Si}] - 14 \cdot [\text{Mn}] + 21 \cdot [\text{Al}])$ ，在该步骤 2 中，控制精轧开轧温度小于等于 A_{r1} 。并且，控制精轧终轧温度 $\leq 820^\circ\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^\circ\text{C}$ 。

如此，本实施方式中，热轧工序采用低温轧制、低温卷取工艺，确保精轧中各道次均在铁素体区进行，且精轧的终轧道次在低温铁素体区进行，如此，精轧过程中不存在 γ/α 的相变，所得热轧卷板的组织为完全变形铁素体的单相组织，而基于该组织，热轧卷板在头中尾散热速度不一样的情况下依然可以保证组织均匀性，进而，为后续获得通卷磁性能一致的无取向硅钢成品奠定基础。

另外，本实施方式中，热轧工序采用低温轧制、低温卷取工艺，从而降低对加热炉温度要求降低，采用低温加热，减少铸坯中析出物的固溶，有利于组织晶粒的长大，进而保证后续所得无取向硅钢成品的磁性能优异，且相对于现有的热轧工序降低生产成本。

步骤 3) 将步骤 2 所得热轧卷板依序进行常化、酸连轧，得到厚度为 $0.500 \pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷，其中常化温度为 850~900°C。

该步骤 3 中，也即常化工序和酸连轧工序。

通常常化工序应用在高牌号无取向硅钢的生产中，也即高牌号无取向硅钢的生产工艺路线采用炼钢-铸坯-热轧-常化-酸连轧-退火-涂层和精整，然而，对于中低牌号无取向硅钢的现有生产方法而言，如高牌号无取向硅钢一样增加常化工序，尽管一定程度上可以改善头中尾磁性能不一致的情况，但是会导致热轧卷板的表面晶粒相较于内部而言异常长大，导致酸连轧之后钢卷的表面严重色差判次，且增加生产成本。而本实用新型的生产方法中，通过在前述步骤 2 热轧工序中采用低温轧制、低温卷取工艺，获得呈完全变形铁素体组织的热轧卷板，如此为常化工序奠定基础，避免如上所述现有的常化处理时钢卷出现表面晶粒相较于内部而言异常长大的问题，也使得得常

化处理后的钢卷各处晶粒均匀长大,并且常化工序还可以保证最终所得无取向硅钢具有较佳的磁性能;再者,热轧卷板的完全变形铁素体组织积累了极高的储存能,从而可以降低常化难度,实现常化工序中的低温高速生产,从而避免因常化工序的增加而过度增加生产成本;另外,由于常化工序的顺利实施,可以大大提升最终所得无取向硅钢具有的磁性能,在此情况下,本发明化学成分方面,将提高磁性能的 Si 元素含量由现有的 1.4~1.7%降低到 0.8~1.1%、不再添加用于提高磁性能的贵金属 Sn 和 Sb、减少 Mn 元素的添加,如此可以取得与现有化学成分相同的磁性能,并可以降低合金成本。

进一步优选地,常化工序中,在纯干 N₂ 气氛下常化 120~150s。另外,优选地,常化工序中,常化温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,即常化温度控制在波动范围 $\pm 10^{\circ}\text{C}$,如此,常化期间温度最大值和最小值不超过 20°差值;且常化工序中,恒速生产,也即针对钢卷的头部、中部、尾部进行常化时的辊速恒定不变。

并且,本实施方式中,通过在前述步骤 2 热轧工序中采用低温加热、低温轧制、低温卷取工艺,使得热轧卷板的表面氧化铁皮减少,降低烧损,进而相对现有技术而言,使得钢板表面的氧化铁皮更容易在该步骤 3 的酸连轧工序中去除干净,相应降低了酸连轧工序中的酸洗难度,提升产品表面质量以及生产速率;另外,如前所述,通过在前述步骤 2 热轧工序中采用低温加热,利于组织晶粒的长大,并且结合常化工序的增加,使得步骤 2 的热轧卷板厚度可以由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$,而热轧卷板的厚度越大,则相同辊速下通过该步骤 3 的酸连轧工序中酸洗处理的钢量越大,进而提升酸连轧工序的生产速率,整体上降低酸连轧工序的生产成本。

另外,如前所述,由于热轧工序中低温加热和常化工序的结合,使得热轧卷板厚度可以由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$,热轧卷板厚度的增大,反过来又可以大幅度降低热轧工序中热轧过程的难度,提升热轧工序的生产效率。

进一步优选地,该步骤 3 的酸连轧工序中,先采用 HCl 进行三级酸洗,而后再经漂洗、烘干、冷轧,得到冷硬卷。

步骤 4) 将步骤 3 所得冷硬卷采用连续退火炉在 H₂+N₂ 的混合气氛中恒速进行成品退火,成品退火温度为 820~880°C;退火后的钢带经冷却、涂层和精整,得到无取向硅钢成品。

该步骤 4,也即成品退火工序、冷却工序、涂层和精整工序。

本实施方式中,通过前述可知,基于步骤 2 热轧工序和步骤 3 常化工序,所得钢卷的头中尾组织均匀,进而该步骤 4 中成品退火工序采用低温恒速生产,再通过常规的冷却、涂层和精整,即可获得磁性能优异且头中尾磁性能一致的厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的无取向硅钢,无需如现有

技术一般采用退火头尾降速生产，降低生产难度、提升生产效率。

其中，成品退火工序的恒速生产，也即成品退火工序中，恒速生产，也即针对钢卷的头部、中部、尾部进行退火时的辊速恒定不变。

进一步优选地，该步骤4的成品退火工序中，退火时间 $50 \pm 5s$ ，成品退火温度波动 $\pm 10^{\circ}C$ ，也即，成品退火期间温度最大值和最小值不超过 20° 差值。

进一步优选地，该步骤4的冷却工序中，采用三段式冷却对成品退火后的钢带进行冷却，有效控制钢带的残余应力 $\leq 50MPa$ ，有利于板形的控制。

本发明一实施方式的无取向硅钢，其采用上述生产方法制备而成，该无取向硅钢的厚度为 $0.500 \pm 0.005mm$ ，并且，如前所述，其化学成分以质量百分比计包括： $C \leq 0.004\%$ ， $S \leq 0.004\%$ ， $Si: 0.8 \sim 1.1\%$ ， $Mn: 0.2 \sim 0.4\%$ ， $P \leq 0.03\%$ ， $Nb \leq 0.004\%$ ， $V \leq 0.006\%$ ， $Ti \leq 0.005\%$ ， $Cr \leq 0.03\%$ ， $Ni \leq 0.03\%$ ， $Cu \leq 0.03\%$ ， $N \leq 0.004\%$ ， $Al: 0.15 \sim 0.30\%$ 或者 $Al \leq 0.02\%$ ，其它为 Fe 及不可避免的夹杂。

该无取向硅钢的铁损 $P_{1.5/50} \leq 4.2W/kg$ ，磁感应强度 $B_{5000} \geq 1.72T$ ，磁性能优异，与现有 Si 含量 $1.4 \sim 1.7\%$ 的无取向硅钢的磁性能基本相同，能够满足中小型电机对中低牌号无取向硅钢的需求，并且通卷磁性能一致，头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2W/kg$ 、磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02T$ ，也即，无取向硅钢成品钢卷的头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 的最大值和最小值的差值 $\leq 0.2W/kg$ 、且头中尾的 B_{5000} 的最大值和最小值的差值 $\leq 0.02T$ 。

与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

(1) 采用所述生产方法制备所得无取向硅钢成品，磁性能优异，能够满足中小型电机对中低牌号无取向硅钢的要求，并且通卷磁性能一致，头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 和磁感应强度 B_{5000} 的波动小，提升了无取向硅钢成品的磁性能稳定性；

(2) 通过在热轧工序中采用低温轧制、低温卷取工艺，获得呈完全变形铁素体组织的热轧卷板，再结合增加的常化工序，保证最终所得无取向硅钢具有较佳的磁性能的同时，在成品退火工序中恒速生产的情况下，解决现有技术中无取向硅钢成品的头中尾磁性能不一致的问题，并避免常化处理时钢卷出现表面晶粒相较于内部而言异常长大的情况；

(3) 尽管增加了常化工序，但生产成本并不会增加，保证较低的生产成本，具有极高的经济价值。具体地，热轧工序和常化工序的结合，充分发挥常化工序对无取向硅钢热轧钢板组织和成品磁性能改善效果，降低炼钢、热轧、酸连轧、常化和退火各工序生产成本，确保全流程成本不增加。炼钢工序，化学成分方面，将提高磁性能的 Si 元素含量由现有的 $1.4 \sim 1.7\%$ 降低到 $0.8 \sim 1.1\%$ 、不再添加用于提高磁性能的贵金属 Sn 和 Sb、减少 Mn 元素的添加，如此在取得与现有化学成分相同的磁性能的前提下，降低炼钢合金成本。热轧工序中采用低温轧制、低温卷取工

艺,一方面,降低对加热炉温度要求,采用低温加热,相对于现有的热轧工序减少能耗、降低生产成本;另一方面,使得热轧卷板的表面氧化铁皮减少,降低烧损,提高成材率降低生产成本。同时,热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$,提升热轧工序的生产速率,整体上降低热轧工序的生产成本。常化工序,由于热轧采用低温轧制、低温卷取工艺,热轧卷板内部畸变能较常规高温轧制、高温卷取增加,常化难度降低,可实现常化工序中的低温高速生产;另外,热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$,提升常化工序的生产速率,整体上降低常化工序的生产成本。酸连轧工序,由于热轧采用低温轧制、低温卷取工艺,进而相对现有技术而言,使得钢板表面的氧化铁皮更容易在酸连轧工序中去除干净,相应降低了酸连轧工序中的酸洗难度,提升产品表面质量以及生产速率;同时,热轧卷板厚度由现有的 2.0~2.5mm 增厚至 $3.00\pm 0.25\text{mm}$,提升酸连轧工序的生产速率,整体上降低酸连轧工序的生产成本。退火工序,由于采用热轧工序和常化工序的结合,所得钢卷的头中尾组织均匀,使得退火工序可以采用恒速低温生产,降低生产难度,提升生产效率,进而降低生产成本。

上文所列出的详细说明仅仅是针对本发明的可行性实施方式的具体说明,它们并非用以限制本发明的保护范围,凡未脱离本发明技艺精神所作的等效实施方式或变更均应包含在本发明的保护范围之内。

下面通过 3 个对比例和 2 个实施例来进一步说明本发明的有益效果,当然,这 2 个实施例仅为本发明所含众多变化实施例中的一部分,而非全部。3 个对比例和 2 个实施例分别提供了一种无取向硅钢,其生产方法具体如下。

步骤 1)

炼钢,而后制备出铸坯,铸坯的化学成分以质量百分比计如表 1 所示,铸坯的厚度同样如表 1 所示、长度为 10~11m。

[表 1]

	化学成分(%)														厚度 (mm)
	C	S	Si	Mn	P	Sn	Nb	V	Ti	Cr	Ni	Cu	Al	N	
对比例 1	0.0025	0.0032	0.96	0.42	0.02	0.018	0.001	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.33	0.003	220
对比例 2	0.0023	0.0026	0.93	0.45	0.02	0.021	0.001	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.35	0.003	220
对比例 3	0.0024	0.0025	1.54	0.44	0.02	0.025	0.001	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.34	0.003	220
实施例 1	0.0027	0.0028	0.94	0.35	0.02	0.001	0.001	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.01	0.003	220
实施例 2	0.0026	0.0026	1.05	0.31	0.02	0.001	0.001	0.002	0.002	0.02	0.02	0.02	0.26	0.003	220

步骤 2)

将步骤 1 中所得铸坯经过加热,而后轧制成中间坯,再将中间坯经过精轧、卷取得到热轧卷板。其中,实施例 1 和实施例 2 根据步骤 1 所得铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比[Si]、[Mn]、

[Al]，计算得到 $A_{r1}=872^{\circ}\text{C}+1000*(11*[\text{Si}]-14*[\text{Mn}]+21*[\text{Al}])$ ，在该步骤 2 中，控制精轧开轧温度小于等于 A_{r1} 。并且，控制精轧终轧温度 $\leq 820^{\circ}\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^{\circ}\text{C}$ ，以获得完全变形组织。而对比例 1~3 采取常规高温终轧、高温卷取工艺，以获得尽量多的再结晶组织。

对比例 1~3 和实施例 1~2 的加热温度、保温时长、中间坯厚度、精轧开轧温度、精轧终轧温度、卷取温度、热轧卷板厚度如表 2 所示。

[表 2]

	加热温度($^{\circ}\text{C}$)	保温时长(min)	中间坯厚度(mm)	精轧开轧温度($^{\circ}\text{C}$)	精轧终轧温度($^{\circ}\text{C}$)	卷取温度($^{\circ}\text{C}$)	热轧卷板厚度(mm)
对比例 1	1150	195	35	960	865	650	2.50
对比例 2	1150	190	35	960	865	650	2.50
对比例 3	1150	193	35	980	875	650	2.50
实施例 1	1110	196	43	910	800	530	3.00
实施例 2	1110	190	43	930	800	530	3.00

在此，对对比例 1~3 和实施例 1~2 所得的热轧卷板分别进行显微金相组织检测，所得检测结果如图 1~5 所示，从中可以发现：对比例 1~3 的组织均为变形铁素体和等轴铁素体的复合组织；实施例 1~2 的组织均为完全变形铁素体组织，而不含等轴铁素体组织。

步骤 3)

将步骤 2 所得对比例 1 和对比例 3 所得热轧卷板直接进行酸连轧，得到厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷；将步骤 2 所得对比例 2 和实施例 1~2 所得热轧卷板依序进行常化、酸连轧，得到厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷，其中，常化在在纯干 N_2 气氛下进行，常化温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

具体地，各个对比例以及实施例的关键参数，例如常化温度、常化时长、常化温度波动、酸洗速度、冷硬卷厚度及原料厚度如表 3 所示。

[表 3]

	常化温度($^{\circ}\text{C}$)	常化时长(s)	常化温度波动($^{\circ}\text{C}$)	酸洗速度(m/min)	冷硬卷厚度(mm)	冷轧原料(热卷)厚度(mm)
对比例 1	不常化			170	0.50	2.50
对比例 2	880	140	± 10	170	0.50	2.50
对比例 3	不常化			170	0.50	2.50
实施例 1	880	140	± 10	170	0.50	3.00
实施例 2	880	140	± 10	170	0.50	3.00

在此，对对比例 2 和实施例 1~2 中常化工序后所得的热轧卷板分别进行显微金相组织检测，发现：参图 6 所示对比例 2 的检测结果，对比例 2 的常化工序后的热轧卷板的表面出现异常晶粒长大；而实施例 1~2 常化工序后所得热轧卷板的组织为完全等轴铁素体组织，组织均匀。

另外，对比例 1~3 和实施例 1~2 中，酸洗后所得冷硬卷均表面质量良好。可见，实施例 1~2 在酸连轧之前的热轧卷板的厚度 3.00mm ，高于对比例 1~3 的厚度 2.50mm ，实施例 1~2 实际生

产效率高。

步骤 4)

将步骤 3 所得冷硬卷采用连续退火炉在 H_2+N_2 的混合气氛中进行成品退火。在成品退火期间, 对比例 2 和实施例 1~2 全程恒速生产, 对比例 1 和 3 采用头尾降速生产以期尽量消除头中尾差异; 其中, 退火温度波动 $\pm 10^{\circ}C$, 也即, 成品退火期间温度最大值和最小值不超过 20° 差值。

退火后的钢带经冷却、涂层和精整, 得到无取向硅钢成品。冷却工序中, 采用三段式冷却对成品退火后的钢带进行冷却, 有效控制钢带的残余应力 $\leq 50MPa$, 有利于板形的控制。

其中, 成品退火温度、退火时间、退火速度、头尾退火时间和头尾退火速度分别如表 4 所示。

[表 4]

	退火温度($^{\circ}C$)	退火时间(S)	退火速度(m/min)	头尾退火时间(S)	头尾退火速度(m/min)
对比例 1	900	55	150	61	135
对比例 2	900	55	150	55	150
对比例 3	950	55	150	61	135
实施例 1	850	55	150	55	150
实施例 2	850	55	150	55	150

对对比例 1~3 和实施例 1~2 所得的无取向硅钢成品进行检测, 磁性能和表面判定结果如表 5 所示。

[表 5]

	铁损 $P_{1.5/50}$ (W/kg)			磁感 B_{5000} (T)			头中尾铁损 $P_{1.5/50}$ 波动(W/kg)	头中尾磁感 B_{5000} 波动(T)	表面质量 判定
	头	中	尾	头	中	尾			
对比例 1	4.76	4.52	4.69	1.725	1.735	1.733	0.24	0.010	合格
对比例 2	4.10	4.02	4.08	1.743	1.741	1.736	0.08	0.007	不合格
对比例 3	4.02	3.88	4.05	1.709	1.720	1.711	0.17	0.011	合格
实施例 1	3.95	3.98	4.03	1.730	1.739	1.738	0.08	0.005	合格
实施例 2	3.92	3.90	3.94	1.737	1.735	1.733	0.04	0.004	合格

从表 5 可见: 对比例 1 和对比例 3, 未经过常化工序, 即使退火过程头尾进行了降速生产, 也不能完全消除头尾与中部磁性能的差异; 对比例 2 和实施例 1~2, 经过常化工序, 退火过程全程恒速生产, 头尾与中部磁性能差异较小; 但对比例 2 常化过程表面出现晶粒异常长大, 导致成品表面质量判次。

而结合整个生产过程来看, 实施例 1~2 与对比例 3 相比, Si、Mn 元素的含量均大大降低且炼钢过程中不添加 Sn (成品中所含 Sn 为铁水中或者其它合金中不可避免所引入的), 也即炼钢合金成本降低, 而且, 热轧卷板厚度增加, 提高了热轧、常化、酸连轧速度, 降低生产成本, 退火过程恒速生产提高退火生产效率降低成本, 如此, 在整体合金成本和生产成本低的情况下, 获

得的无取向硅钢成品的铁损低、头中尾铁损波动小、磁感应强度 B_{5000} 大幅度升高、且头中尾磁感应强度 B_{5000} 波动小。

总的来讲，从上述实施例 1~2 可以看出，采用本发明一实施方式生产无取向硅钢，生产效率高、成本低；并且，所得无取向硅钢成品的磁性能高于同等含量 Si 含量的现有无取向硅钢（例如，实施例 1~2 无取向硅钢 Si 含量 0.94%、1.05%，不含 Sn 的磁性能，高于现有技术对比例 3 无取向硅钢 Si 含量 1.54%+0.025%Sn 的无取向硅钢的磁性能），且退火过程恒速生产，头中尾的磁性能一致性高。

权利要求书

1. 一种无取向硅钢，其特征在于，其化学成分以质量百分比计包括： $C \leq 0.004\%$ ， $S \leq 0.004\%$ ， $Si: 0.8 \sim 1.1\%$ ， $Mn: 0.2 \sim 0.4\%$ ， $P \leq 0.03\%$ ， $Nb \leq 0.004\%$ ， $V \leq 0.006\%$ ， $Ti \leq 0.005\%$ ， $Cr \leq 0.03\%$ ， $Ni \leq 0.03\%$ ， $Cu \leq 0.03\%$ ， $N \leq 0.004\%$ ， $Al: 0.15 \sim 0.30\%$ 或者 $Al \leq 0.02\%$ ，其它为 Fe 及不可避免的夹杂；所述无取向硅钢的厚度为 $0.500 \pm 0.005\text{mm}$ ，其通过依序进行的炼钢、铸坯、热轧、常化、酸连轧、成品退火、冷却、涂层和精整制备而成；

在炼钢工序期间不添加 Sn 和 Sb；

在热轧工序中：将铸坯工序所得铸坯加热到 $1060 \sim 1120^\circ\text{C}$ 并保温 150min 以上，而后轧制成厚度 $40 \sim 45\text{mm}$ 的中间坯，再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 $3.00 \pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板，其中，精轧开轧温度 $\leq A_{r1} = 872^\circ\text{C} + 1000 * (11 * [Si] - 14 * [Mn] + 21 * [Al])$ ，式中 [Si]、[Mn]、[Al] 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比；精轧终轧温度 $\leq 820^\circ\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^\circ\text{C}$ ；

在常化工序中，常化温度为 $850 \sim 900^\circ\text{C}$ ；

在成品退火工序中，恒速生产，退火温度为 $820 \sim 880^\circ\text{C}$ 。

2. 根据权利要求 1 所述的无取向硅钢，其特征在于，其铁损 $P_{1.5/50} \leq 4.2\text{W/kg}$ 且头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2\text{W/kg}$ 、磁感应强度 $B_{5000} \geq 1.72\text{T}$ 且头中尾的磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02\text{T}$ 。

3. 根据权利要求 1 所述的无取向硅钢，其特征在于，常化工序中，在纯干 N_2 气氛下常化 $120 \sim 150\text{s}$ 。

4. 根据权利要求 1 所述的无取向硅钢，其特征在于，常化工序中，常化温度波动 $\pm 10^\circ\text{C}$ ，且恒速生产。

5. 根据权利要求 1 所述的无取向硅钢，其特征在于，退火工序中，退火时间 $50 \pm 5\text{s}$ ，且退火温度波动 $\pm 10^\circ\text{C}$ ，且恒速生产。

6. 一种无取向硅钢的生产方法，其特征在于，包括以下步骤，

1) 在不添加 Sn 和 Sb 的情况下进行炼钢，并制备出铸坯，铸坯的化学成分以质量百分比计为： $C \leq 0.004\%$ ， $S \leq 0.004\%$ ， $Si: 0.8 \sim 1.1\%$ ， $Mn: 0.2 \sim 0.4\%$ ， $P \leq 0.03\%$ ， $Nb \leq 0.004\%$ ， $V \leq 0.006\%$ ， $Ti \leq 0.005\%$ ， $Cr \leq 0.03\%$ ， $Ni \leq 0.03\%$ ， $Cu \leq 0.03\%$ ， $N \leq 0.004\%$ ， $Al: 0.15 \sim 0.30\%$ 或者 $Al \leq 0.02\%$ ，其它为 Fe 及不可避免的夹杂；

2) 将铸坯加热到 $1060 \sim 1120^\circ\text{C}$ 并保温 150min 以上，而后轧制成厚度 $40 \sim 45\text{mm}$ 的中间坯，再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 $3.00 \pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板，其中，精轧开轧温度 $\leq A_{r1} = 872^\circ\text{C} + 1000 * (11 * [Si] - 14 * [Mn] + 21 * [Al])$ ，式中 [Si]、[Mn]、[Al] 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比；精轧终轧温度 $\leq 820^\circ\text{C}$ ，卷取温度 $\leq 560^\circ\text{C}$ ；

3) 将热轧卷板依序进行常化、酸连轧, 得到厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷, 其中常化温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$;

4) 将冷硬卷采用连续退火炉在 H_2+N_2 的混合气氛中恒速进行成品退火, 成品退火温度为 $820\sim 880^{\circ}\text{C}$; 退火后的钢带经冷却、涂层和精整, 得到无取向硅钢。

7. 根据权利要求 6 所述的无取向硅钢的生产方法, 其特征在于, 步骤 3 中, 在纯干 N_2 气氛下常化 $120\sim 150\text{s}$ 。

8. 根据权利要求 6 所述的无取向硅钢的生产方法, 其特征在于, 步骤 3 中, 常化温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 且恒速生产。

9. 根据权利要求 6 所述的无取向硅钢的生产方法, 其特征在于, 步骤 4 中, 退火时间 $50\pm 5\text{s}$, 且退火温度波动 $\pm 10^{\circ}\text{C}$, 且恒速生产。

10. 根据权利要求 6 所述的无取向硅钢的生产方法, 其特征在于, 所得无取向硅钢的铁损 $P_{1.5/50}\leq 4.2\text{W/kg}$ 且头中尾的铁损 $P_{1.5/50}$ 波动 $\leq 0.2\text{W/kg}$ 、磁感应强度 $B_{5000}\geq 1.72\text{T}$ 且头中尾的磁感应强度 B_{5000} 波动 $\leq 0.02\text{T}$ 。

11. 一种无取向硅钢的生产方法, 其特征在于, 包括以下步骤,

1) 按照化学成分中 Si 质量百分比 $0.8\sim 1.1\%$ 、Mn 质量百分比 $0.2\sim 0.4\%$ 进行炼钢, 且炼钢期间不添加 Sn 和 Sb, 并制备出铸坯;

2) 将铸坯加热到 $1060\sim 1120^{\circ}\text{C}$ 并保温 150min 以上, 而后轧制成厚度 $40\sim 45\text{mm}$ 的中间坯, 再将中间坯经过精轧、卷取得到厚度为 $3.00\pm 0.25\text{mm}$ 的热轧卷板, 其中, 精轧开轧温度 $\leq A_{r1}=872^{\circ}\text{C}+1000*(11*[Si]-14*[Mn]+21*[Al])$, 式中 $[Si]$ 、 $[Mn]$ 、 $[Al]$ 分别为铸坯中 Si、Mn、Al 的质量百分比; 精轧终轧温度 $\leq 820^{\circ}\text{C}$, 卷取温度 $\leq 560^{\circ}\text{C}$;

3) 将热轧卷板依序进行常化、酸连轧, 得到厚度为 $0.500\pm 0.005\text{mm}$ 的冷硬卷, 其中常化温度为 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$;

4) 将冷硬卷采用连续退火炉在 H_2+N_2 的混合气氛中恒速进行成品退火, 成品退火温度为 $820\sim 880^{\circ}\text{C}$; 退火后的钢带经冷却、涂层和精整, 得到无取向硅钢。

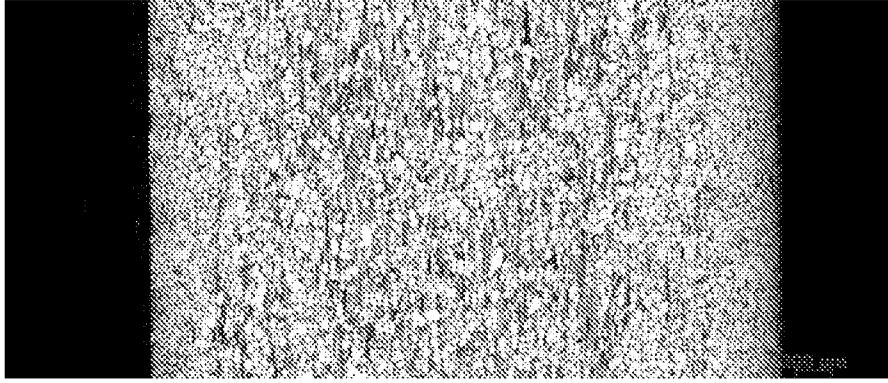


图 1

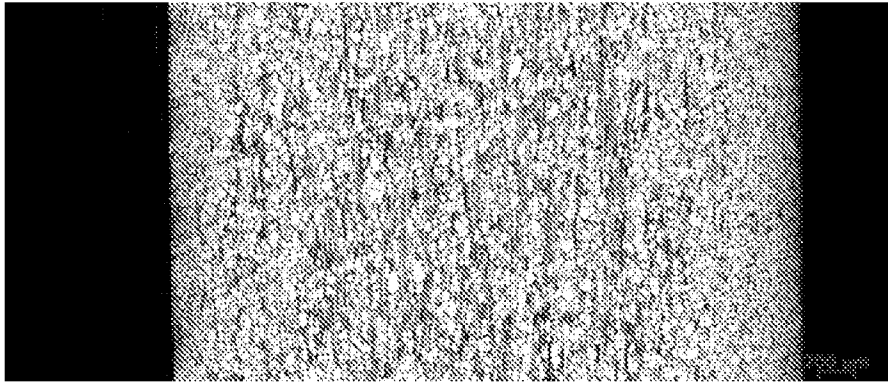


图 2

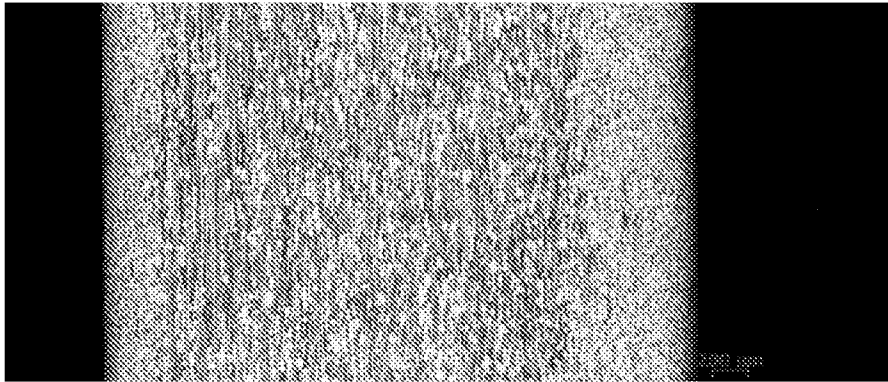


图 3

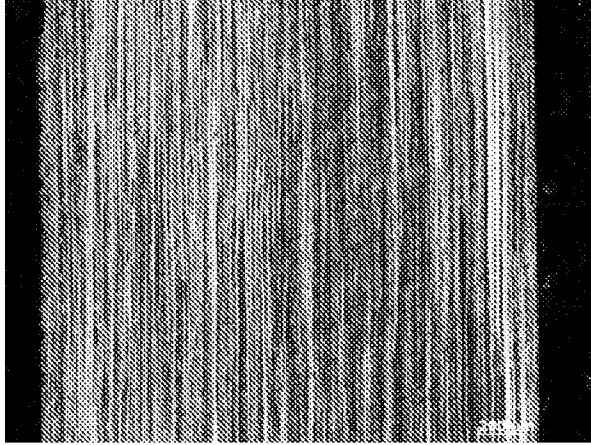


图 4

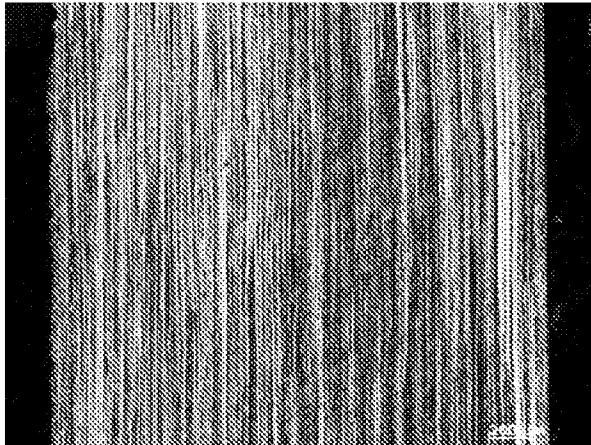


图 5

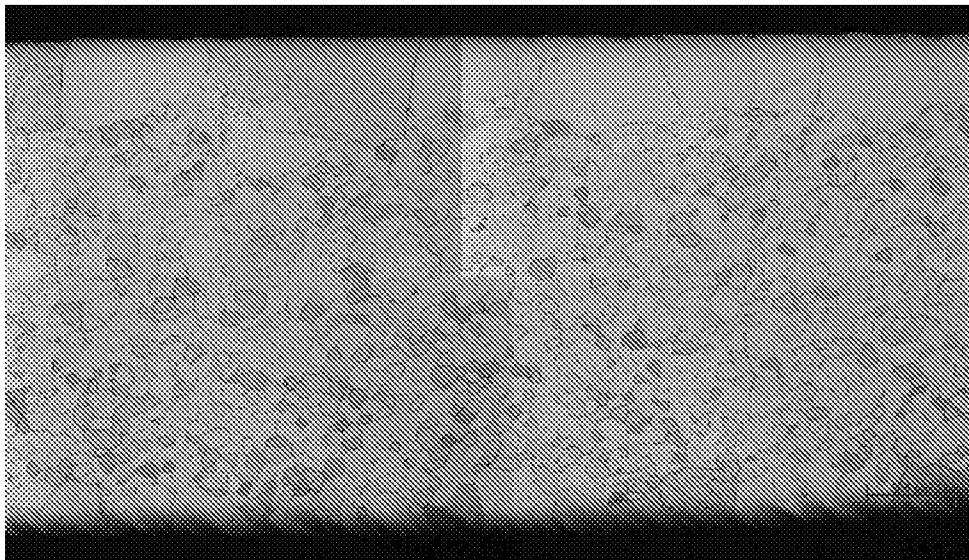


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/105008

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C22C 38/02(2006.01)i; C22C 38/04(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

C22C,C21D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, 中国期刊网全文数据库, Chinese Journal Network Full-Text Database, SIPOABS, DWPI, WOTXT, EPTXT, USTXT, JPTXT, ISI Web of Science: 江苏沙钢集团有限公司, 张家港扬子江冷轧板有限公司, 江苏省沙钢钢铁研究院有限公司, 岳重祥, 陆佳栋, 吴圣杰, 钱红伟, 硅钢, Si钢, 电工钢, 电磁钢, 非取向, 无取向, 低Si, 低硅, 低牌号, 热轧, 卷取, 卷曲, 正火, 常化, 退火, 低温, 硅, 锰, 铌, 锡, 头, 首, 尾, 一致, 均匀, electric+, electromagnetic+, silicon, Si, managnese, Mn, steel, (non or no) 1w orient+, hot 1w roll+, normaliz+, uniform+, homogen+, Sb, Sn, antimony, tin

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109112268 A (NORTHEASTERN UNIVERSITY) 01 January 2019 (2019-01-01) description, paragraphs [0009]-[0015]	1-11
A	CN 102634742 A (SHOUGANG CO., LTD.) 15 August 2012 (2012-08-15) entire description	1-11
A	CN 105779731 A (ANGANG STEEL COMPANY LIMITED) 20 July 2016 (2016-07-20) entire description	1-11
A	CN 104141092 A (BEIJING SHOUGANG COMPANY LIMITED) 12 November 2014 (2014-11-12) entire description	1-11
A	CN 102102141 A (ANGANG STEEL COMPANY LIMITED) 22 June 2011 (2011-06-22) entire description	1-11
A	JP 2001131636 A (NIPPON STEEL CORP.) 15 May 2001 (2001-05-15) entire description	1-11



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

18 February 2022

Date of mailing of the international search report

15 March 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/105008

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP H02243717 A (NIPPON STEEL CORP.) 27 September 1990 (1990-09-27) entire description	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/105008

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109112268	A	01 January 2019	CN	109112268	B	10 July 2020
CN	102634742	A	15 August 2012	CN	102634742	B	25 September 2013
CN	105779731	A	20 July 2016	None			
CN	104141092	A	12 November 2014	CN	104141092	B	18 May 2016
CN	102102141	A	22 June 2011	CN	102102141	B	11 December 2013
JP	2001131636	A	15 May 2001	None			
JP	H02243717	A	27 September 1990	JP	H079039	B2	01 February 1995

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/105008

A. 主题的分类

C22C 38/02(2006.01)i; C22C 38/04(2006.01)i; C22C 38/06(2006.01)i; C21D 8/02(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

C22C, C21D

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS, CNTXT, 中国期刊网全文数据库, SIPOABS, DWPI, WOTXT, EPTXT, USTXT, JPTXT, ISI Web of Science; 江苏沙钢集团有限公司, 张家港扬子江冷轧板有限公司, 江苏省沙钢钢铁研究院有限公司, 岳重祥, 陆佳栋, 吴圣杰, 钱红伟, 硅钢, Si钢, 电工钢, 电磁钢, 非取向, 无取向, 低Si, 低硅, 低牌号, 热轧, 卷取, 卷曲, 正火, 常化, 退火, 低温, 硅, 锰, 铈, 锡, 头, 首, 尾, 一致, 均匀, electric+, electromagnetic+, silicon, Si, manganese, Mn, steel, (non or no) low orient+, hot low roll+, normaliz+, uniform+, homogen+, Sb, Sn, antimony, tin

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109112268 A (东北大学) 2019年1月1日 (2019 - 01 - 01) 说明书第[0009]-[0015]段	1-11
A	CN 102634742 A (首钢总公司) 2012年8月15日 (2012 - 08 - 15) 说明书全文	1-11
A	CN 105779731 A (鞍钢股份有限公司) 2016年7月20日 (2016 - 07 - 20) 说明书全文	1-11
A	CN 104141092 A (北京首钢股份有限公司) 2014年11月12日 (2014 - 11 - 12) 说明书全文	1-11
A	CN 102102141 A (鞍钢股份有限公司) 2011年6月22日 (2011 - 06 - 22) 说明书全文	1-11
A	JP 2001131636 A (NIPPON STEEL CORP.) 2001年5月15日 (2001 - 05 - 15) 说明书全文	1-11

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2022年2月18日

国际检索报告邮寄日期

2022年3月15日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

授权官员

于霞

电话号码 (86-10)-53962686

C. 相关文件		
类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP H02243717 A (NIPPON STEEL CORP.) 1990年9月27日 (1990 - 09 - 27) 说明书全文	1-11

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/105008

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109112268	A	2019年1月1日	CN 109112268 B	2020年7月10日
CN	102634742	A	2012年8月15日	CN 102634742 B	2013年9月25日
CN	105779731	A	2016年7月20日	无	
CN	104141092	A	2014年11月12日	CN 104141092 B	2016年5月18日
CN	102102141	A	2011年6月22日	CN 102102141 B	2013年12月11日
JP	2001131636	A	2001年5月15日	无	
JP	H02243717	A	1990年9月27日	JP H079039 B2	1995年2月1日