



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107245647 B

(45)授权公告日 2018.10.16

(21)申请号 201710402813.7

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2017.06.01

G22C 38/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

G22C 38/04(2006.01)

申请公布号 CN 107245647 A

G22C 38/06(2006.01)

(43)申请公布日 2017.10.13

G21D 8/12(2006.01)

B22D 11/06(2006.01)

(73)专利权人 东北大学

审查员 辛彩萍

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

(72)发明人 方烽 张元祥 兰梦飞 卢翔

王洋 曹光明 李成刚 袁国

王国栋

(74)专利代理机构 沈阳优普达知识产权代理事务所(特殊普通合伙) 21234

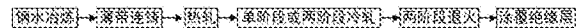
代理人 张志伟

权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法

(57)摘要



本发明属于冶金技术领域,特别涉及一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法。按以下步骤进行:(1)按设定成分冶炼钢水,其成分按重量百分比为:C 0.01~0.05%, Si 1.5~3.0%, Mn 0.2~0.3%, Al≤0.005%, V 0.01~0.04%, S 0.002~0.005%,余量为Fe及不可避免杂质;(2)薄带连铸过程后形成铸带;(3)在惰性气氛条件下进行热轧;(4)酸洗去除氧化皮,然后进行单阶段或者两阶段冷轧;(6)两阶段再结晶退火,涂覆绝缘涂层并烘干,获得高性能无取向硅钢。本发明提供基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,在部分利用初始凝固组织中{100}织构的遗传作用基础上,通过后续脱碳相变提供驱动力,促使成品板中形成发达的{100}面织构,从而获得高性能无取向硅钢。

CN 107245647 B

1. 一种基于薄带连铸制备发达 {100} 面织构无取向硅钢薄带的方法, 其特征在于, 按以下步骤进行:

(1) 按设定成分冶炼钢水, 其成分按重量百分比为: C 0.01~0.04%, Si 1.5~2.5%, Mn 0.2~0.3%, Al ≤ 0.005%, S 0.002~0.005%, 余量为 Fe 及不可避免杂质;

(2) 薄带连铸过程: 将钢水通过浇口进入中间包, 中间包预热温度 1200~1250℃, 控制过热度为 30~60℃, 钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带, 控制铸速 40~60m/min, 控制熔池液位高度 100~150mm, 控制铸带厚度 1.5~2.0mm;

(3) 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷却至热轧机, 热轧温度 950~1000℃, 终轧温度 900~950℃, 压下量 10~20%, 热轧后卷取;

(4) 将热卷清理掉氧化皮后进行单阶段多道次冷轧, 总压下量为 60~80%, 获得冷轧带卷;

(5) 将冷轧带通过连续退火进行热处理, 在 840~880℃ 进行再结晶退火, 时间为 200~240s; 继续加热在 950~1000℃ 进行第二阶段再结晶退火, 时间为 120~180s; 第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行, 控制混合气氛的露点在 +30℃ 脱碳; 第二阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行, 控制混合气氛的露点在 -30℃ 以下, 然后涂覆绝缘层并烘干, 获得高性能无取向硅钢成品。

2. 一种基于薄带连铸制备发达 {100} 面织构无取向硅钢薄带的方法, 其特征在于, 按以下步骤进行:

(1) 按设定成分冶炼钢水, 其成分按重量百分比为: C 0.02~0.05%, Si 2.0~3.0%, Mn 0.2~0.3%, Al ≤ 0.005%, S 0.002~0.005%, 余量为 Fe 及不可避免杂质;

(2) 薄带连铸过程: 将钢水通过浇口进入中间包, 中间包预热温度 1200~1250℃, 控制过热度为 30~60℃, 钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带, 控制铸速 40~60m/min, 控制熔池液位高度 100~150mm, 控制铸带厚度 2.0~2.5mm;

(3) 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷至热轧机, 热轧温度 950~1000℃, 终轧温度 900~950℃, 压下量 10~20%, 热轧后卷取;

(4) 将热卷清理掉氧化皮后进行两阶段多道次冷轧, 第一阶段压下量为 50~60%, 在 850~900℃ 保温 120~180s 进行中间退火, 控制混合气氛的露点在 +30℃ 脱碳, 促进表面形成发达的 {100} 组织, 第二段总压下量为 60~80%, 获得冷轧带卷;

(5) 将冷轧带通过连续退火进行热处理, 在 850~900℃ 进行再结晶退火, 时间为 120~200s; 继续加热在 950~1000℃ 进行第二阶段再结晶退火, 时间为 120~180s; 第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行, 控制混合气氛的露点在 +30℃ 脱碳; 第二阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行, 控制混合气氛的露点在 -30℃ 以下, 然后涂覆绝缘层并烘干, 获得高性能无取向硅钢成品。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于薄带连铸制备发达 {100} 面织构无取向硅钢薄带的方法, 其特征在于, 所述的无取向硅钢铸带中柱状晶比例大于 50%, 且存在均匀分布的珠光体组织。

4. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于薄带连铸制备发达 {100} 面织构无取向硅钢薄带的方法, 其特征在于, 所述的无取向硅钢冷轧退火板 {100} <0vw> 取向织构面积分数超过 60%。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的基于薄带连铸制备发达 {100} 面织构无取向硅钢薄带的方

法,其特征在于,所述的无取向磁性能为: $P_{15/50}$ 为 $1.4\sim 3.5\text{W/kg}$,全周向磁感 B_{50} 为 $1.73\sim 1.84\text{T}$ 。

6.根据权利要求1所述的基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,其特征在于,所述的步骤(4)中,单阶段多道次冷轧的每道次压下量为 $15\%\sim 30\%$ 。

7.根据权利要求1或2所述的基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,其特征在于,所述的步骤(5)中,氮气氢气混合气氛的体积比例为 $20\%\sim 80\%\text{H}_2+\text{N}_2$ 。

一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,特别涉及一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法。

背景技术

[0002] 硅钢是工业中用量最大的软磁材料,工业用无取向硅钢是一种用量最大的电工钢材料,被广泛用于各种电机。无取向硅钢片的性能不仅直接关系到电能的损耗,而且决定了电机、变压器等产品的性能、体积、重量和成本,因此降低铁损和磁各向异性、提高磁感强度成为了硅钢的研究重点。体心立方晶体的 $\langle 100 \rangle$ 为易磁化方向, $\langle 111 \rangle$ 晶轴为难磁化方向。无取向硅钢晶体结构是决定其磁性能的重要因素,理想的晶体结构为 $\{001\} \langle uvw \rangle$,因为它是各向同性而且难磁化方向 $\langle 111 \rangle$ 不在轧面上。因此通过各种途径改善内部组织结构,在其轧面内的所有方向都是易磁化方向,是降低铁损、提高磁感强度的关键控制技术。

[0003] 目前常规流程制备一方面存在设备投资大、工艺复杂、能耗大等问题,另一方面最终成品板中存在较强的{111}织构,因此产品磁性能较差,并不能满足高效铁芯材料的使用要求。而薄带连铸制备无取向硅钢在组织和织构方面具有独特的优势,其相关技术已经引起冶金及材料领域技术人员的广泛关注。双辊薄带连铸技术是以液态金属为原料,以旋转的冷却辊为结晶器,用液态金属直接获得可进行冷轧的薄带材,能够获得具有发达柱状晶凝固组织和{100}织构的无取向硅钢铸带。双辊薄带连铸工艺从根本上改变了传统的薄带生产方法,可不需经过连铸、再热和热轧等生产工序,极大地简化了工序,缩短生产流程。

[0004] 近年来,已有相关的技术报道提出利用薄带连铸技术制备无取向硅钢。中国专利(公告号CN 102041367B)公开了一种薄带连铸制备无取向硅钢的制备方法,该专利通过控制过热度提高铸带中等轴晶比例(大于50%),控制铸后冷速并进行单阶段或者两阶段冷轧。该方法并未充分利用初始{100}面织构强度,最终产品磁感值仅为1.70~1.79T。美国专利US5482107公开了一种利用薄带连铸方法生产电工钢的方法,该发明主要通过降低轧压下量从而保留铸态组织中的有利织构,但是最终成品厚度受到限制,无法生产薄规格高牌号无取向硅钢。如何充分利用薄带连铸的优势,达到提高成品钢板中{100}织构强度目的,是制备高牌号无取向硅钢的技术关键,有待进一步研究。

发明内容

[0005] 针对现有高磁感低铁损无取向硅钢在制备方法上存在的上述问题,本发明提供一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,在部分利用初始凝固组织中{100}织构的遗传作用基础上,通过后续脱碳相变提供驱动力,促使成品板中形成发达的{100}面织构,从而获得高磁感低铁损无取向硅钢。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,按以下步骤进

行:

[0008] (1) 按设定成分冶炼钢水,其成分按重量百分比为:C 0.01~0.04%,Si 1.5~2.5%,Mn 0.2~0.3%,Al \leq 0.005%,S 0.002~0.005%,余量为Fe及不可避免杂质;

[0009] (2) 薄带连铸过程:将钢水通过浇口进入中间包,中间包预热温度1200~1250℃,控制过热度为30~60℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸速40~60m/min,控制熔池液位高度100~150mm,控制铸带厚度1.5~2.0mm;

[0010] (3) 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷却至热轧机,热轧温度950~1000℃,终轧温度900~950℃,压下量10~20%,热轧后卷取;

[0011] (4) 将热卷清理掉氧化皮后进行单阶段多道次冷轧,总压下量为60~80%,获得冷轧带卷;

[0012] (5) 将冷轧带通过连续退火进行热处理,在840~880℃进行再结晶退火,时间为200~240s;继续加热在950~1000℃进行第二阶段再结晶退火,时间为120~180s;第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在+30℃脱碳;第二阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在-30℃以下,然后涂覆绝缘层并烘干,获得高性能无取向硅钢成品。

[0013] 一种基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,按以下步骤进行:

[0014] (1) 按设定成分冶炼钢水,其成分按重量百分比为:C 0.02~0.05%,Si 2.0~3.0%,Mn 0.2~0.3%,Al \leq 0.005%,S 0.002~0.005%,余量为Fe及不可避免杂质;

[0015] (2) 薄带连铸过程:将钢水通过浇口进入中间包,中间包预热温度1200~1250℃,控制过热度为30~60℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸速40~60m/min,控制熔池液位高度100~150mm,控制铸带厚度2.0~2.5mm;

[0016] (3) 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷至热轧机,热轧温度950~1000℃,终轧温度900~950℃,压下量10~20%,热轧后卷取;

[0017] (4) 将热卷清理掉氧化皮后进行两阶段多道次冷轧,第一阶段压下量为50~60%,在850~900℃保温120~180s进行中间退火,控制混合气氛的露点在+30℃脱碳,促进表面形成发达的{100}组织,第二段总压下量为60~80%,获得冷轧带卷;

[0018] (5) 将冷轧带通过连续退火进行热处理,在850~900℃进行再结晶退火,时间为120~200s;继续加热在950~1000℃进行第二阶段再结晶退火,时间为120~180s;第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在+30℃脱碳;第二阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在-30℃以下,然后涂覆绝缘层并烘干,获得高性能无取向硅钢成品。

[0019] 所述的无取向硅钢铸带中柱状晶比例大于50%,且存在均匀分布的珠光体组织。

[0020] 所述的无取向硅钢成品退火采用两阶段退火制度,第一阶段利用脱碳退火促进{100}取向晶粒的遗传组织回复和初步长大,第二阶段退火促进有利织构的发展。

[0021] 所述的无取向硅钢冷轧退火板{100}<0vw>取向织构面积分数超过60%。

[0022] 所述的无取向磁性能为:P_{15/50}为1.4~3.5W/kg,全周向磁感B₅₀为1.73~1.84T。

[0023] 所述的步骤(4)中,单阶段多道次冷轧的每道次压下量为15%~30%。

[0024] 所述的步骤(5)中,氮气氢气混合气氛的体积比例为20%~80%H₂+N₂。

[0025] 本发明基于薄带连铸工艺,其技术原理如下:

[0026] 钢水经中间包流入结晶辊内,薄带连铸亚快速凝固过程中,通过成分优化和控制浇铸过热度控制铸带中柱状晶比例大于50%,且存在少量均匀分布的珠光体组织。不同钢种和铸带厚度采用不同轧制工艺(单阶段或者两阶段冷轧):硅含量较低(1.5~2.5%)且铸带厚度在1.5~2.0mm之间时可进行单阶段冷轧;硅含量较高(2.0~3.2%)且铸带厚度在2.0~2.5mm之间时进行两阶段冷轧,中间退火进行部分脱碳,使得在中间退火板表层形成发达的{100}织构组织。在最终成品退火过程中采用两阶段退火制度,在利用{100}织构遗传作用的基础上,通过脱碳相变提供{100}形核以及发展的驱动力,最终在成品板中形成较强的{100}织构(面积分数超过60%)。由于{001}〈0vw〉织构在轧面内不存在难磁化方向〈111〉,所以能够明显改善磁性能,最终成品板全周向磁感 B_{50} 为1.73~1.84T, $P_{15/50}$ 为1.4~3.5W/kg。

[0027] 与现有技术相比,本发明的优点及有益效果在于:

[0028] 1、本发明结合薄带连铸亚快速凝固凝固特点,通过控制过热度 and 化学成分优化,使得铸带中柱状晶比例大于50%,且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0029] 2、本发明根据铸带厚度以及化学成分合理匹配冷轧工艺。当硅含量较低且铸带较薄时可选择单阶段冷轧,能够在避免出现边裂以及瓦垄状缺陷的基础上最大程度利用{100}织构的遗传作用,同时简化轧制工艺。当硅含量较低且铸带较薄时,选择两阶段冷轧,并在中间退火阶段部分脱碳,在退火板表面形成{100}织构,作为后续冷轧-退火过程中{100}织构的“种子”。

[0030] 3、本发明最终无取向硅钢成品退火采用两阶段退火制度,第一阶段利用脱碳退火促进{100}取向晶粒的遗传组织回复和初步长大。第二阶段退火促进有利织构的发展。成品退火板明显提高各向同性,在板面任意方向 B_{50} 为1.73~1.84T, $P_{15/50}$ 为1.4~3.5W/kg,满足高牌号高磁感低铁损无取向硅钢的性能要求;

[0031] 4、本发明工艺流程短,制造方法具体可行,节能降耗明显。

附图说明

[0032] 图1为本发明基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法流程示意图;

[0033] 图2为本发明实施例1中铸带微观组织显微图。

具体实施方式

[0034] 在具体实施过程中,采用的薄带连铸机为专利(公开号CN103551532A)公开的薄带连铸机。如图1所示,基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法流程如下:按设定成分冶炼钢水,进入薄带连铸机完成薄带连铸过程,出铸机后的铸带进行一道次热轧,热轧带经酸洗后进行冷轧,得到目标厚度薄带后进行两阶段再结晶退火,退火板表面涂绝缘涂层并烘干,得到无取向硅钢成品。

[0035] 下面,通过实施例对本发明进一步详细阐述。

[0036] 实施例1

[0037] 本实施例中,基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,按以下

步骤进行：

[0038] 按设定成分冶炼钢水，其成分按重量百分比为：C 0.01%，Si 1.5%，Mn 0.2%，Al 0.0046%，S 0.002%，余量为Fe；

[0039] 薄带连铸过程：将钢水通过浇口进入中间包，中间包预热温度1200℃，控制过热度为45℃，钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带，控制铸速45m/min，控制熔池液位高度130mm，控制铸带厚度1.8mm；无取向硅钢铸带中柱状晶比例达到80%，且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0040] 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷却至热轧机，热轧温度1000℃，终轧温度950℃，压下量18%，热轧后卷取；

[0041] 将热卷清理掉氧化皮后进行单阶段多道次冷轧，总压下量为70%，每道次压下量为20~25%，获得冷轧带卷；

[0042] 将冷轧带通过连续退火进行热处理，在840~860℃进行再结晶退火，时间为200~240s；继续加热在950~980℃进行第二阶段再结晶退火，时间为120~180s。第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛（本实施例的氮气氢气混合气氛的体积比例为3:1）条件下进行，控制混合气氛的露点在+30℃脱碳。第二阶段再结晶退火在所述氮气氢气混合气氛条件下进行，控制混合气氛的露点在-30℃以下，然后涂覆绝缘层并烘干，获得高性能无取向硅钢成品，无取向硅钢冷轧退火板{100}〈0vw〉取向织构面积分数65%。无取向硅钢成品板磁性能为： $P_{15/50}$ 为2.5~3.5W/kg，全周向磁感 B_{50} 为1.76~1.84T。

[0043] 如图2所示，从铸带微观组织显微图可以看出，铸带组织为粗大的柱状晶和少量小晶粒组成，柱状晶比例超过60%，其中在柱状晶区域存在部分细小的珠光体组织。

[0044] 实施例2

[0045] 本实施例中，基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法，按以下步骤进行：

[0046] 按设定成分冶炼钢水，其成分按重量百分比为：C 0.04%，Si 2.5%，Mn 0.3%，Al 0.0038%，S 0.005%，余量为Fe；

[0047] 薄带连铸过程：将钢水通过浇口进入中间包，中间包预热温度1230℃，控制过热度为30℃，钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带，控制铸速40m/min，控制熔池液位高度110mm，控制铸带厚度1.5mm；无取向硅钢铸带中柱状晶比例55%，且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0048] 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷却至热轧机，热轧温度980℃，终轧温度940℃，压下量16%，热轧后卷取；

[0049] 将热卷清理掉氧化皮后进行单阶段多道次冷轧，总压下量为65%，每道次压下量为20~25%，获得冷轧带卷；

[0050] 将冷轧带通过连续退火进行热处理，在850~880℃进行再结晶退火，时间为200~240s；继续加热在980~1000℃进行第二阶段再结晶退火，时间为120~180s。第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛（本实施例的氮气氢气混合气氛的体积比例为2:1）条件下进行，控制混合气氛的露点在+30℃脱碳。第二阶段再结晶退火在所述氮气氢气混合气氛条件下进行，控制混合气氛的露点在-30℃以下，然后涂覆绝缘层并烘干，获得高性能无取向硅钢成品，无取向硅钢冷轧退火板{100}〈0vw〉取向织构面积分数65%。无取向硅钢成品板磁

性能为： $P_{15/50}$ 为2.0~3.2W/kg，全周向磁感 B_{50} 为1.73~1.80T。

[0051] 实施例3

[0052] 本实施例中，基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法，按以下步骤进行：

[0053] 按设定成分冶炼钢水，其成分按重量百分比为：C 0.02%，Si 2.0%，Mn 0.2%，Al 0.0043%，S 0.002%，余量为Fe；

[0054] 薄带连铸过程：将钢水通过浇口进入中间包，中间包预热温度1220℃，控制过热度为40℃，钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带，控制铸速60m/min，控制熔池液位高度120mm，控制铸带厚度2.1mm；无取向硅钢铸带中柱状晶比例65%，且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0055] 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷至热轧机，热轧温度970℃，终轧温度930℃，压下量14%，热轧后卷取。

[0056] 将热卷清理掉氧化皮后进行两阶段多道次冷轧，第一阶段压下量为55%，在850℃保温时间160s进行中间退火，控制混合气氛的露点在+30℃脱碳，第二段总压下量为70%，获得冷轧带卷；

[0057] 将冷轧带通过连续退火进行热处理，在850~880℃进行再结晶退火，时间为120~200s；继续加热在950~980℃进行第二阶段再结晶退火，时间为120~180s。第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛（本实施例的氮气氢气混合气氛的体积比例为1:1）条件下进行，控制混合气氛的露点在+30℃脱碳。第二阶段再结晶退火在所述氮气氢气混合气氛条件下进行，控制混合气氛的露点在-30℃以下，然后涂覆绝缘层并烘干，获得高性能无取向硅钢成品，无取向硅钢冷轧退火板{100}〈0vw〉取向织构面积分数80%。无取向硅钢成品板磁性能为： $P_{15/50}$ 为2.0~3.2W/kg，全周向磁感 B_{50} 为1.75~1.84T。

[0058] 实施例4

[0059] 本实施例中，基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法，按以下步骤进行：

[0060] 按设定成分冶炼钢水，其成分按重量百分比为：C 0.05%，Si 3.0%，Mn 0.3%，Al 0.0039%，S 0.005%，余量为Fe；

[0061] 薄带连铸过程：将钢水通过浇口进入中间包，中间包预热温度1250℃，控制过热度为50℃，钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带，控制铸速50m/min，控制熔池液位高度140mm，控制铸带厚度2.2mm；无取向硅钢铸带中柱状晶比例75%，且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0062] 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷至热轧机，热轧温度960℃，终轧温度920℃，压下量12%，热轧后卷取。

[0063] 将热卷清理掉氧化皮后进行两阶段多道次冷轧，第一阶段压下量为52%，在900℃保温时间120s进行中间退火，控制混合气氛的露点在+30℃脱碳，第二段总压下量为65%，获得冷轧带卷；

[0064] 将冷轧带通过连续退火进行热处理，在880℃进行再结晶退火，时间为120~200s；继续加热在980~1000℃进行第二阶段再结晶退火，时间为120~180s。第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛（本实施例的氮气氢气混合气氛的体积比例为1:2）条件下进行，控

制混合气氛的露点在+30℃脱碳。第二阶段再结晶退火在所述氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在-30℃以下,然后涂覆绝缘层并烘干,获得高性能无取向硅钢成品,无取向硅钢冷轧退火板{100}〈0vw〉取向织构面积分数70%。无取向硅钢成品板磁性能为: $P_{15/50}$ 为1.4~2.5W/kg,全周向磁感 B_{50} 为1.73~1.80T。

[0065] 实施例5

[0066] 本实施例中,基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,按以下步骤进行:

[0067] 按设定成分冶炼钢水,其成分按重量百分比为:C 0.03%,Si 2.8%,Mn 0.3%,Al 0.0026%,S 0.003%,余量为Fe;

[0068] 薄带连铸过程:将钢水通过浇口进入中间包,中间包预热温度1240℃,控制过热度为60℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸速55m/min,控制熔池液位高度150mm,控制铸带厚度2.5mm;无取向硅钢铸带中柱状晶比例85%,且存在少量均匀分布的珠光体组织。

[0069] 铸带出辊后在惰性气氛条件下自然冷至热轧机,热轧温度950℃,终轧温度900℃,压下量10%,热轧后卷取。

[0070] 将热卷清理掉氧化皮后进行两阶段多道次冷轧,第一阶段压下量为58%,在900℃保温时间180s进行中间退火,控制混合气氛的露点在+30℃脱碳,第二段总压下量为78%,获得冷轧带卷;

[0071] 将冷轧带通过连续退火进行热处理,在900℃进行再结晶退火,时间为120~200s;继续加热在1000℃进行第二阶段再结晶退火,时间为120~180s。第一阶段再结晶退火在氮气氢气混合气氛(本实施例的氮气氢气混合气氛的体积比例为1:2)条件下进行,控制混合气氛的露点在+30℃脱碳。第二阶段再结晶退火在所述氮气氢气混合气氛条件下进行,控制混合气氛的露点在-30℃以下,然后涂覆绝缘层并烘干,获得高性能无取向硅钢成品,无取向硅钢冷轧退火板{100}〈0vw〉取向织构面积分数75%。无取向硅钢成品板磁性能为: $P_{15/50}$ 为1.5~2.2W/kg,全周向磁感 B_{50} 为1.75~1.82T。

[0072] 实施例结果表明,本发明提供基于薄带连铸制备发达{100}面织构无取向硅钢薄带的方法,在部分利用初始凝固组织中{100}织构的遗传作用基础上,通过后续脱碳相变提供驱动力,促使成品板中形成发达的{100}面织构,从而获得高性能无取向硅钢。

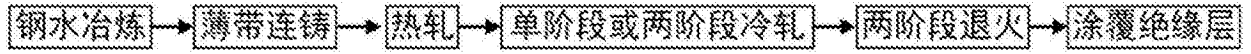


图1

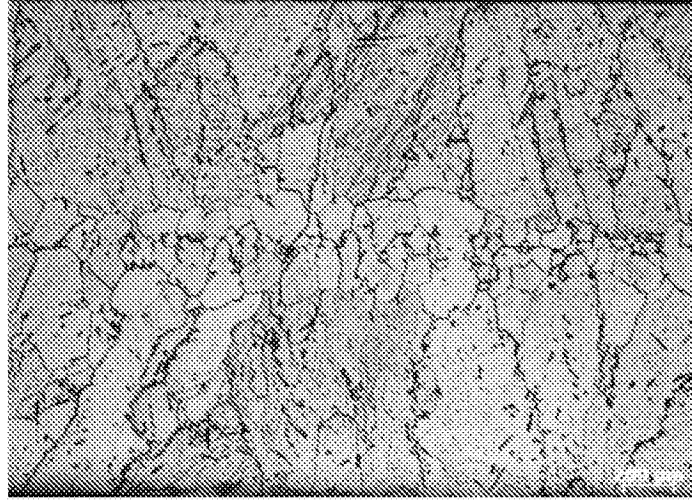


图2