



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107201478 B

(45)授权公告日 2018.08.17

(21)申请号 201710406049.0

(22)申请日 2017.06.01

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 107201478 A

(43)申请公布日 2017.09.26

(73)专利权人 东北大学

地址 110819 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

(72)发明人 曹光明 王洋 兰梦飞 张元祥

方烽 卢翔 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

(51)Int.Cl.

G22C 38/02(2006.01)

G22C 38/04(2006.01)

G22C 38/06(2006.01)

G22C 38/12(2006.01)

G22C 38/14(2006.01)

G21D 8/12(2006.01)

G21D 1/26(2006.01)

G21D 1/74(2006.01)

B22D 11/16(2006.01)

审查员 陈帅

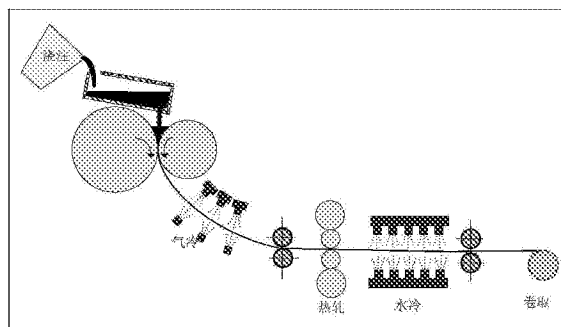
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法

(57)摘要

本发明属于冶金技术领域,特别涉及一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法。将成分C 0.002~0.005%,Si 2.0~4.0%,Mn 0.1~0.3%,Al 0.01~0.05%,S 0.015~0.025%,N 0.004~0.015%,Nb≤0.002%,V≤0.002%,Ti≤0.002%,余量为Fe及不可避免杂质的钢水,通过直径比为1:1.1~1.5的异径薄带连铸机进行铸带制备,薄带经过喷气冷却、热轧、卷取、酸洗冷轧和热处理后获得厚度规格为0.15~0.35mm,性能为P_{17/50}为0.65~1.2W/kg,轧向磁感B₈为1.90T以上的成品取向硅钢板。本发明采用异径异步控制凝固铸带中有利的Goss取向晶粒,使其在热带中比例达到5%以上,满足了高磁感取向硅钢对于其比例的要求,通过减量化的制备过程获得性能良好的产品。



1. 一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,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 0.002~0.005%,Si 2.0~4.0%,Mn 0.1~0.3%,Al 0.01~0.05%,S 0.015~0.025%,N 0.004~0.015%,Nb \leq 0.002%,V \leq 0.002%,Ti \leq 0.002%,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℃,控制钢水进入熔池时过热度为10~50℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸辊辊径比例为1:1.1~1.5,小铸辊直径500mm,大辊直径550~750mm,大小辊辊面线速度相同,控制铸速40~60m/min,控制熔池液位高度150~180mm,控制铸带厚度1.8~3.0mm;

(3) 铸带出辊后在1100~1300℃范围内采用N₂气氛条件下喷气冷却,冷却速度40~60℃/s,热轧温度950~1050℃,终轧温度850~950℃,压下量10~15%;热轧后卷取,卷取温度500~600℃;

(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85~90%,获得0.15~0.35mm冷轧带卷;

(5) 将冷轧带在800±5℃进行再结晶退火,时间为150~180s,再结晶退火时冷轧带是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;涂覆MgO隔离剂后,在氮气氢气混合气氛保护条件下,将冷轧带以10~30℃/h的速度升温至1200±10℃;在1200±10℃、露点在-30℃以下的纯干氢中进行高温退火,保温20~40h;再随炉冷却到400±10℃,空冷至常温;

(6) 高温退火后进行平整拉伸退火,并进行切边和涂覆张力涂层烘干后收卷;

所述的铸带中含有5%以上Goss取向晶粒。

2. 根据权利要求1所述的基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,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10%~25%。

3. 根据权利要求1所述的基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,其特征在于,所述的取向硅钢磁性能为:P_{17/50}为0.65~1.2W/kg,轧向磁感B₈为1.90T以上。

4. 根据权利要求1所述的基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,其特征在于,所述的步骤(5)中,氮气氢气混合气氛的氢气体积比例20%~50%。

5. 根据权利要求1所述的基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,其特征在于,所述的步骤(6)中,平整拉伸退火工艺参数为800℃,氮气保护。

一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于冶金技术领域,特别涉及一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法。

背景技术

[0002] 取向硅钢沿轧制方向具有高磁感、低铁损的优良磁性能,主要用于各种变压器的铁芯,是电力电子和军事工业中不可缺少的重要软磁合金。传统取向硅钢制备工艺复杂冗长主要包括:冶炼—连铸—铸坯高温加热—热轧—常化—冷轧—脱碳退火—高温退火等,为了保证取向电工钢板发生完善的二次再结晶,铸坯高温加热、热轧过程综合控制和常化工序成为必不可少的工艺节点。铸坯需要在1350~1400℃保温以溶解连铸过程中形成的粗大MnS和AlN等析出物并在后续热轧及常化工序中细小弥散析出,如此高的加热温度会引起能源浪费、成材率低、设备损耗大等一系列的缺点;控制热轧和常化也提高了工艺难度和复杂程度。

[0003] 双辊薄带连铸技术从根本上改变了传统的薄带钢生产方法,可不需经过连铸、加热、热轧和常化等生产工序,而是以转动的两个铸辊为结晶器,将液态钢水直接注入铸辊和侧封板组成的熔池内,由液态钢水直接生产出厚度为1~6mm薄带;其工艺特点是液态金属在结晶凝固的同时承受压力加工和塑性变形,在很短的时间内完成从液态金属到固态薄带的全部过程,凝固速度可达 $10^2\sim 10^4$ ℃/s;因此,薄带连铸在生产Fe-Si合金方面具有独特的优势;特别是,利用双辊薄带连铸亚快速凝固的特点,可以抑制取向硅钢铸带中第二相粒子的析出和长大行为,实现抑制剂的柔性控制。另一方面,一般认为取向硅钢二次再结晶的Goss种子主要起源于热轧板的次表层,在热轧过程中由于轧辊和轧件强烈的摩擦作用,钢板次表层产生足够的剪切变形,为高斯织构的形成提供了合适的条件。而在双辊薄带连铸过程中,凝固和热轧工艺被合二为一,能否获得足够数量的Goss种子,是决定双辊薄带连铸工艺制备取向硅钢成败的关键所在。

[0004] 双辊薄带连铸设备根据铸辊直径的不同分别有同径双辊铸轧机和异径双辊铸轧机两种机型。同径双辊由于辊间熔池区域对称,这样较易控制操作工艺以使铸轧出的带钢具有良好的板形,但由于对浇钢的压头控制有限,往往会导致浇钢时熔池内的流动不稳定,注流对熔池液面的冲击大,使熔池整体的波动水平提高,这对铸轧操作长期及稳定可靠地运行是不利的;相比之下,由东北大学提出的异径双辊薄带坯连铸的方法,能更有利于保持熔池内的层流流动,以获得良好的结晶组织,并且易于操作控制,因而具有良好的发展前景。

[0005] 日本新日铁专利(平2-258149,1990)主要特征在于铸轧工艺参数及冷轧工艺对取向硅钢磁性能的影响,二次高斯种子是通过降低过热度增加铸轧力获得的。显然,这种铸轧方法铸轧力较大,铸轧裂纹无法控制,铸带表面质量很难满足硅钢的后续加工要求。意大利特尔尼公司的美国专利(US6964711)增加了一道次热轧工艺其特征在与热轧工艺对磁性能的影响,其主要织构控制原理和常规板坯连铸工艺相似,热轧压下量较大,极大增加控制板

形难度。美国Armco公司的美国专利(US6739384)主要特征在于对二次冷却速度及一阶段冷轧压下率对磁性能的影响;中国东北大学专利(公开号CN 104294155 A)主要特征是在成分上采用超低碳设计及两阶段冷轧工艺制备高磁感取向硅钢,以上两种工艺主要是通过调整冷轧工艺,获得冷轧高斯种子,进而实现二次再结晶。这类方法通过第一阶段冷轧退火过程产生Goss种子,所以制备流程较长,而且限于压下量等要素,其方法制备产品厚度规格需要复杂铸轧工艺匹配铸带厚度,才能完成二次再结晶所需必要条件。

[0006] 前面提到关于铸轧取向硅钢专利均是基于等径双辊薄带连铸工艺,目前的方法均有流程复杂,成本高等确定。而异径双辊薄带连铸与同径薄带连铸工艺相比,在凝固过程的末端,钢液承受更强的剪切变形,有利于高斯结构的形成。中国发明专利(公开号CN1647870A)公开了一种金属薄板双辊异步铸轧机的专利,其布置形式采用水平式,适合铝镁等有色金属的慢速铸轧条件。

发明内容

[0007] 针对现有取向硅钢在制备方法及性能方面存在的上述问题,本发明提供一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,通过异径双辊铸轧机独特的变形行为,提高铸带中Goss结构的体积分数,同时控制凝固及二次冷却路径避免粗大析出物的形成,获得薄规格的高磁感、低铁损的取向硅钢板。

[0008] 本发明的技术方案是:

[0009] 一种基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,按以下步骤进行:

[0010] (1) 按设定成分冶炼钢水,其成分按重量百分比为:C 0.002~0.005%, Si 2.0~4.0%, Mn 0.1~0.3%, Al 0.01~0.05%, S 0.015~0.025%, N 0.004~0.015%, Nb \leq 0.002%, V \leq 0.002%, Ti \leq 0.002%, 余量为Fe及不可避免杂质;

[0011] (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℃,控制钢水进入熔池时过热度为10~50℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸辊辊径比例为1:1.1~1.5,小铸辊直径500mm,大辊直径550~750mm,大小辊辊面线速度相同,控制铸速40~60m/min,控制熔池液位高度150~180mm,控制铸带厚度1.8~3.0mm;

[0012] (3) 铸带出辊后在1100~1300℃范围内采用N₂气氛条件下喷气冷却,冷却速度40~60℃/s,热轧温度950~1050℃,终轧温度850~950℃,压下量10~15%;热轧后卷取,卷取温度500~600℃;

[0013] (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85~90%,获得0.15~0.35mm冷轧带卷;

[0014] (5) 将冷轧带在800±5℃进行再结晶退火,时间为150~180s,再结晶退火时冷轧带是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;涂覆MgO隔离剂后,在氮气氢气混合气氛保护条件下,将冷轧带以10~30℃/h的速度升温至1200±10℃;在1200±10℃、露点在-30℃以下的纯干氢中进行高温退火,保温20~40h;再随炉冷却到400±10℃,空冷至常温;

[0015] (6) 高温退火后进行平整拉伸退火,并进行切边和涂覆张力涂层烘干后收卷。

[0016] 所述薄带连铸过程采用异径异步控制凝固过程,异径比1:1.1~1.5。

[0017] 所述的铸带中含有5%以上Goss取向晶粒。

- [0018] 所述的步骤(4)中,单阶段多道次冷轧的每道次压下量为10%~25%。
- [0019] 所述的取向硅钢磁性能为: $P_{17/50}$ 为0.65~1.2W/kg,轧向磁感 B_8 为1.90T以上。
- [0020] 所述的步骤(5)中,氮气氢气混合气氛的氢气体积比例20%~50%。
- [0021] 所述的步骤(6)中,平整拉伸退火工艺参数为800℃,氮气保护。
- [0022] 与现有技术相比,本发明的优点及有益效果在于:
- [0023] 1、本发明采用异径异步控制凝固铸带中有利的Goss取向晶粒,使其在热带中比例达到5%以上,满足了高磁感取向硅钢对于其比例的要求,通过减量化的制备过程获得性能良好的产品。
- [0024] 2、本发明采用水平式薄带连铸异步方式适合快速铸轧过程,而且可以将异步搓轧的效果与硅钢对Goss晶粒种子的要求结合起来,这也正是本发明的技术创新之处。
- [0025] 3、在东北大学公开的专利CN 105018847 A和CN 104313469 A中都是通过两阶段冷轧进行取向硅钢制备,中间退火过程增加成本并且降低了生产效率,但是本发明由于采用异径异步式凝固成形,铸带中Goss种子数量显著增加,使得单阶段冷轧可以实现取向硅钢制备。

附图说明

- [0026] 图1为本发明实施例中的的基于异径薄带连铸技术的取向硅钢铸带制备方法流程示意图。

具体实施方式

[0027] 在具体实施过程中,如图1所示,本发明的基于薄带连铸技术超低碳取向硅钢板的制备方法流程包括浇注→气冷→热轧→水冷→卷取等,具体如下:将钢水通过浇口进入中间包,中间包预热温度1200~1250℃,控制钢水进入熔池时过热度为10~20℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机后形成铸带,控制铸辊辊径比例为1:1.1~1.5,小铸辊直径500mm,大辊直径550~750mm,大小辊辊面线速度相同,控制铸速40~60m/min,控制铸速40~60m/min,控制熔池液位高度150~180mm,控制铸带厚度1.8~3.0mm。

[0028] 本发明实施例中,层流冷却时的水压为0.1~0.2MPa,采用的氢气体积纯度为99.9%。

[0029] 下面,通过实施例对本发明进一步详细阐述。

[0030] 实施例1

[0031] 本实施例中,基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,按以下步骤进行:

[0032] 按设定成分冶炼钢水,成分按质量百分比为:C 0.002%,Si 4.0%,Mn 0.3%,Al 0.02%,S 0.023%,N 0.004%,Nb 0.0015%,V 0.0012%,Ti 0.0018%,余量为Fe。然后通过浇口进入预热的中间包,此时中间包预热温度为1250℃,钢水通过中间包进入薄带连铸机中(铸辊辊径分别为500/550mm),铸轧成厚度1.8mm的铸带,铸轧过程中控制钢水的过热度为40℃,铸速50m/min,熔池液位高度160mm。

[0033] 铸带出辊后在1200℃采用 N_2 气氛条件下喷气冷却,冷却速度50℃/s;将铸带进行热轧,开轧温度为980℃,终轧温度为880℃,总压下量在15%,获得热轧带;热轧后卷取,卷

取温度550℃。

[0034] 将热轧带层流冷却,然后酸洗去除氧化铁皮,再进行冷轧;冷轧总压下量90%,每道次压下量为10~20%,制成冷轧带的厚度为0.15mm。

[0035] 将冷轧带在 $800 \pm 5^\circ\text{C}$ 进行再结晶退火,时间为180s,再结晶退火时冷轧带是在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例为30%)条件下进行,控制混合气氛的露点在 -30°C 。

[0036] 涂覆MgO隔离剂后,在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例30%)保护条件下,将冷轧带以 $20^\circ\text{C}/\text{h}$ 的速度升温至 $1200 \pm 10^\circ\text{C}$;然后在 $1200 \pm 10^\circ\text{C}$ 和纯干氢(露点在 -30°C)条件下保温22h,进行高温退火,最后随炉冷却到 $400 \pm 10^\circ\text{C}$,空冷至常温。

[0037] 高温退火后进行常规平整拉伸退火 800°C ,氮气保护,并进行切边和涂覆张力涂层烘干后收卷,获得基于薄带连铸技术的超低碳取向硅钢,磁性能 $P_{17/50}$ 为0.65W/kg,磁感 B_8 为1.94T。

[0038] 实施例2

[0039] 本实施例中,基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,按以下步骤进行:

[0040] 按设定成分冶炼钢水,成分按质量百分比为:C 0.003%,Si 3.7%,Mn 0.24%,Al 0.04%,S 0.018%,N 0.0094%,Nb 0.0011%,V 0.0016%,Ti 0.0014%,余量为Fe。然后通过浇口进入预热的中间包,此时中间包预热温度为 1220°C ,钢水通过中间包进入薄带连铸机中(铸辊辊径分别为500/700mm),铸轧成厚度2.36mm的铸带,铸轧过程中控制钢水的过热度为 30°C ,铸速40m/min,熔池液位高度180mm。

[0041] 铸带出辊后在 1150°C 采用 N_2 气氛条件下喷气冷却,冷却速度 $45^\circ\text{C}/\text{s}$;将铸带进行热轧,开轧温度为 1030°C ,终轧温度为 950°C ,总压下量在12%,获得热轧带;热轧后卷取,卷取温度 500°C 。

[0042] 将热轧带层流冷却,然后酸洗去除氧化铁皮,再进行冷轧;冷轧总压下量87%,每道次压下量为12~15%,制成冷轧带的厚度为0.27mm。

[0043] 将冷轧带在 $800 \pm 5^\circ\text{C}$ 进行再结晶退火,时间为150~180s,再结晶退火时冷轧带是在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例为50%)条件下进行,控制混合气氛的露点在 -35°C 。

[0044] 涂覆MgO隔离剂后,在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例30%)保护条件下,将冷轧带以 $15^\circ\text{C}/\text{h}$ 的速度升温至 $1200 \pm 10^\circ\text{C}$;然后在 $1200 \pm 10^\circ\text{C}$ 和纯干氢(露点在 -35°C)条件下保温20h,进行高温退火,最后随炉冷却到 $400 \pm 10^\circ\text{C}$,空冷至常温。

[0045] 高温退火后进行常规平整拉伸退火温度为 800°C ,氮气保护,并进行切边和涂覆张力涂层烘干后收卷,获得基于薄带连铸技术的超低碳取向硅钢,磁性能 $P_{17/50}$ 为0.95W/kg,磁感 B_8 为1.91T。

[0046] 实施例3

[0047] 本实施例中,基于异径双辊薄带连铸技术的超低碳取向硅钢制备方法,按以下步骤进行:

[0048] 按设定成分冶炼钢水,成分按质量百分比为:C 0.004%,Si 2.8%,Mn 0.19%,Al 0.05%,S 0.015%,N 0.008%,Nb 0.0008%,V 0.0017%,Ti 0.0010%,余量为Fe。然后通过浇口进入预热的中间包,此时中间包预热温度为 1200°C ,钢水通过中间包进入薄带连铸机中(铸辊辊径分别为500/750mm),铸轧成厚度2.75mm的铸带,铸轧过程中控制钢水的过热

度为20℃,铸速60m/min,熔池液位高度150mm。

[0049] 铸带出辊后在1250℃采用N₂气氛条件下喷气冷却,冷却速度55℃/s;将铸带进行热轧,开轧温度为1000℃,终轧温度为900℃,总压下量在15%,获得热轧带;热轧后卷取,卷取温度600℃。

[0050] 将热轧带层流冷却,然后酸洗去除氧化铁皮,再进行冷轧;冷轧总压下量85%,每道次压下量为15~20%,制成冷轧带的厚度为0.35mm。

[0051] 将冷轧带在800±5℃进行再结晶退火,时间为150~180s,再结晶退火时冷轧带是在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例为20%)条件下进行,控制混合气氛的露点在-40℃。

[0052] 涂覆MgO隔离剂后,在氮气氢气混合气氛(氢气体积比例30%)保护条件下,将冷轧带以25℃/h的速度升温至1200±10℃;然后在1200±10℃和纯干氢(露点在-40℃)条件下保温22h,进行高温退火,最后随炉冷却到400±10℃,空冷至常温。

[0053] 高温退火后进行常规平整拉伸退火温度为800℃,氮气保护,并进行切边和涂覆张力涂层烘干后收卷,获得基于薄带连铸技术的超低碳取向硅钢,磁性能P_{17/50}为1.2W/kg,磁感B₈为1.90T。

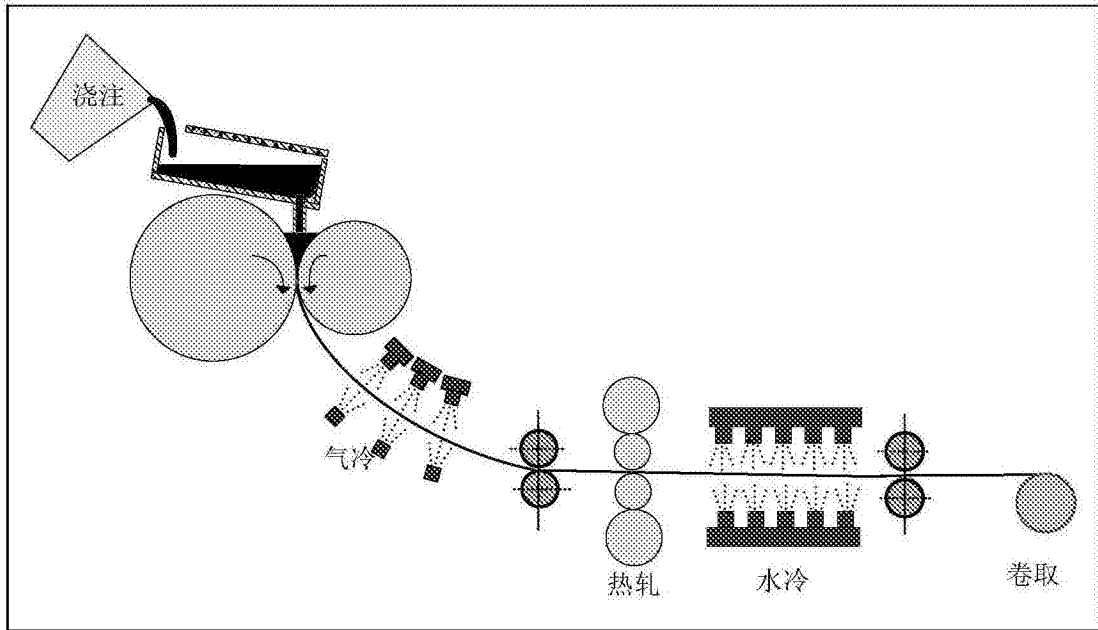


图1