

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[ 51 ] Int. Cl<sup>7</sup>

B21B 1/22

B21B 45/02 B05D 7/14

C21D 9/52



# [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200410021496.7

[43] 公开日 2005年1月12日

[11] 公开号 CN 1562511A

[22] 申请日 2004.3.30

[21] 申请号 200410021496.7

[71] 申请人 东北大学

地址 110004 辽宁省沈阳市和平区文化路3号巷11号

[72] 发明人 高秀华 齐克敏 邱春林 刘恩

[74] 专利代理机构 沈阳东大专利代理有限公司

代理人 梁焱

权利要求书1页 说明书3页

[54] 发明名称 一种取向硅钢极薄带的制造方法

[57] 摘要

一种取向硅钢极薄带的制造方法，包括酸洗、冷轧、涂层和退火四个工艺步骤，以普通二次再结晶后的成品工业取向硅钢板为原料，采用异步轧制的方法冷轧成0.06~0.1mm极薄带，在700~980℃范围内，经过带有保护气氛的热处理，可使硅钢极薄带的磁性能达到： $B_{10}$ 在1.90~1.98T之间， $P_{15/400} = 11 \sim 14W/Kg$ ，本发明的生产硅钢极薄带制造方法具有节约成本、成材率高、磁性能稳定的优点。

ISSN 1008-4274

1、一种取向硅钢极薄带的制造方法，包括酸洗、冷轧、涂层和退火四个工艺步骤，其特征在于：以普通二次再结晶后的成品工业取向硅钢板为原料，经酸洗后，采用异步轧制的方法冷轧成 0.06~0.1mm 极薄带，涂 MgO 涂层后，在 700~980℃ 范围内，经过真空或带有保护气氛的热处理，进行初次再结晶退火。

2、如权利要求 1 所述的取向硅钢极薄带的制造方法，其特征在于所述异步轧制原料厚度为 0.28~0.35mm，要求合理的原料厚度要保证合理的冷轧总压下率在 50%~80%之间，其异步冷轧速比为 1.05~1.3，前后带张力。

3、如权利要求 1 所述的取向硅钢极薄带的制造方法，其特征在于所述初次再结晶退火是在真空或带有保护气氛的热处理，其保护气氛为纯氢、氮氢混合气体，或氢气保护加磁场，保温时间为 10~60min。

## 一种取向硅钢极薄带的制造方法

### 技术领域

本发明属于金属带材轧制技术领域，特别涉及一种晶粒取向硅钢极薄带的制造方法。

### 背景技术

硅钢是电力、电机、电子行业不可缺少的重要功能材料，晶粒取向硅钢主要用作电工机械、变压器等铁芯的软磁材料。随着电子工业的发展，对硅钢片的要求越来越严格。从节能的观点出发，总是希望提高磁感、降低铁损。特别从1970年以来，取向硅钢片的铁损不断减少，产量和质量都有很大提高，但硅钢板的铁损仍有进一步减低的余地，从目前来看提高磁感、降低铁损的主要措施有：

- (1) 提高(110)[001]晶粒取向度；
- (2) 增加含硅量；
- (3) 减薄板厚；
- (4) 细化磁畴。

目前国际市场上的高磁感取向硅钢的<001>结晶轴与轧制方向的取向度已在3度以内，其取向度的提高大致已到极限。另外，随着含硅量的增加，机械强度增大，加工更困难，而饱和磁感应强度也愈减小。关于细化磁畴及附加张力薄膜、激光刻痕、等离子处理等方法也正实用化。所以实现低铁损化的努力已集中到减薄钢带厚度方面。随钢带厚度的减薄，铁损则由于几何效应而大大降低。

极薄取向硅钢带作为新的低铁损材料正为人们所知晓，经细化磁畴后其铁损值低于已知的铁基非晶态材料。但采用原有的取向硅钢二次再结晶的制造方法是不能保证{110}<001>结晶结构的完全成长，生产取向硅钢薄带的成品厚度有一个极限，一般约为0.15mm左右。当低于此厚度时，成品的二次再结晶很不完善，或者根本不发生二次再结晶，成品的磁性极差。所以必须采用新的方法生产极薄取向硅钢。

硅钢极薄带通常采用的制造方法是：通过使具有(110)[001]的高斯结构二次再结晶的取向硅钢带，酸洗，同步冷轧到0.15mm以下，然后再结晶退火提高(110)[001]取向度。用此方法虽然能够制成硅钢极薄带，但由于硅钢片脆性大，给冷轧带来很大困难，经常发生裂边、断带、缠辊事故，影响作业率及小时产量，也影响成本，磁性能不高，而且很不稳定。

## 发明内容

鉴于上述生产硅钢极薄带方法存在的技术问题，本发明提供一种晶粒取向硅钢极薄带的制造方法。

本发明的冷轧取向硅钢极薄带的制造方法是采用异步轧制和初次再结晶退火的方法。采用异步轧制方法来代替常规的同步轧制。异步轧制作为一项新的轧制工艺和技术，有着同步轧制无法比拟的优点，显著地降低轧制压力，可提高工作效率，改进产品质量和提高产品尺寸精度，改善板形，提高了轧机的轧薄能力，使最小可轧厚度打破了以往  $D/h < 1500 \sim 2000$  的极限，而达到了 20000 以上，在极薄带的轧制方面有着显著的优势。

本发明的技术方案为：原料为 3%Si 普通成品工业取向硅钢板，采用二次冷轧法，利用在二次再结晶高温退火中形成了的 (110) [001] 位向织构，原料厚度 0.28~0.35mm，合理的原料厚度要保证合理的冷轧总压下率在 50%~80% 之间；本发明方法包括酸洗、异步冷轧、涂层和再结晶退火四个工艺步骤：原料经酸洗后，进入异步冷轧，异步速比： $I=1.05 \sim 1.3$ ，前后带张力。异步速比决定剪切变形的大小，影响畸变能，影响再结晶过程，冷轧成 0.06~0.1mm 极薄带，此时 (110) [001] 位向织构转变为 {111} <112> 冷轧织构；轧后的极薄带涂 MgO 涂层，经过带有不同保护气氛的初次再结晶退火，本发明的退火气氛为：真空、纯氢、氮氢混和气体、氢气保护加磁场退火，退火气氛是形成高斯织构的关键；再结晶退火温度在 700~980℃ 范围内，这个温度可以保证硅钢极薄带发生初次再结晶，保温时间 10~60min，使初次再结晶的晶粒充分长大，获得的晶粒大小为 0.5~2mm，可使硅钢极薄带的磁性能达到： $B_{10}$  在 1.90~1.98T 之间， $P_{15/400}=11 \sim 14W/Kg$ 。

本发明制造方法不但解决了硅钢极薄带难于生产的问题，同时生产的硅钢极薄带磁性能高而且稳定，成材率高，节约成本，是生产取向硅钢极薄带切实可行的途径。

本发明与现有技术相比具有如下优点和特点：

(1) 用异步轧制方法生产取向硅钢极薄带不但有利于硅钢板厚度的减薄，而且所需轧制道次少，压下率大，轧制压力低，对于脆而硬的硅钢板减少了碎边和断带现象的发生，提高了成材率。

(2) 与同步轧制相比，异步轧制生产的取向硅钢极薄带能够获得取向集中的 (110) [001] 织构，磁性能普遍优于同步轧制的，而且磁性能稳定。

(3) 生产简单、节约成本、经济高效，适合我国的硅钢极薄带生产状况。

## 具体实施方式

实施例 1：

采用 0.3mm 厚的二次再结晶成品取向硅钢作为原料，其化学成分为（质量分数，%）：  
C0.02、Si3.12、Mn0.12、S0.02、Cu0.01、N0.01、P0.02，余 Fe。酸洗去除表面绝缘层后，在四辊异步冷轧机 90mm/200mm×200mm 上，分别采用异步速比 1.05 轧制方式冷轧到 0.06mm，在 N<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>（1：3）混合气氛退火炉中进行 950℃，10 分钟的退火。采用环状试样测量退火后薄带的磁性能。B<sub>10</sub> 在 1.93T，P<sub>15/400</sub>=13W/Kg。

#### 实施例 2：

采用 0.3mm 厚的二次再结晶成品取向硅钢作为原料，其化学成分为（质量分数，%）：  
C0.01、Si3.10、Mn0.085、S0.03、Cu0.01、N0.001、P0.009，余 Fe。酸洗去除表面绝缘层后，在四辊异步冷轧机 90mm/200mm×200mm 上，分别采用异步速比 1.17 轧制方式冷轧到 0.08mm，在纯氢退火炉中进行 850℃，20 分钟的退火。采用环状试样测量退火后薄带的磁性能。B<sub>10</sub> 在 1.98T，P<sub>15/400</sub>=14W/Kg。

#### 实施例 3：

采用 0.3mm 厚的二次再结晶成品取向硅钢作为原料，其化学成分为（质量分数，%）：  
C0.02、Si3.13、Mn0.06、S0.002、Cu0.01、N0.004、P0.01，余 Fe。酸洗去除表面绝缘层后，在四辊异步冷轧机 90mm/200mm×200mm 上，分别采用异步速比 1.28 轧制方式冷轧到 0.10mm，在纯氢外加磁场退火炉中进行 750℃，30 分钟的退火。采用环状试样测量退火后薄带的磁性能。B<sub>10</sub> 在 1.94T，P<sub>15/400</sub>=11W/Kg。

#### 实施例 4：

采用 0.35mm 厚的二次再结晶成品取向硅钢作为原料，其化学成分为（质量分数，%）：  
C0.02、Si3.13、Mn0.06、S0.002、Cu0.01、N0.004、P0.01，余 Fe。酸洗去除表面绝缘层后，在四辊异步冷轧机 90mm/200mm×200mm 上，分别采用异步速比 1.12 轧制方式冷轧到 0.10mm，在真空退火炉(真空度 1×10<sup>-3</sup>)中进行 900℃，10 分钟的退火。采用环状试样测量退火后薄带的磁性能。B<sub>10</sub> 在 1.92T，P<sub>15/400</sub>=13W/Kg。