



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104217844 A

(43) 申请公布日 2014. 12. 17

(21) 申请号 201410444419. 6

(22) 申请日 2014. 09. 03

(71) 申请人 南阳市力矩软磁材料科技有限公司  
地址 473000 河南省南阳市新能源产业集聚  
区纬十路 1 号

(72) 发明人 党小丽

(74) 专利代理机构 郑州红元帅专利代理事务所  
(普通合伙) 41117

代理人 季发军

(51) Int. Cl.

H01F 27/26(2006. 01)

H01F 27/245(2006. 01)

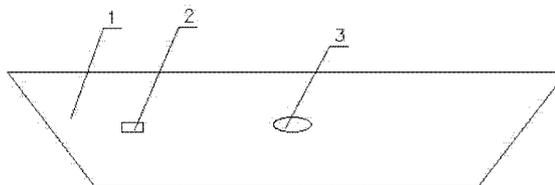
权利要求书1页 说明书8页 附图1页

(54) 发明名称

低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,包括硅钢片,所述硅钢片上设有至少 1 个扁孔,所述硅钢片一侧设有凹槽,该凹槽为方形结构,所述硅钢片凹槽另一侧对应出处设置与凹槽相相匹配的凸块,本发明的硅钢片配方与制造方法起到协同作用,使变压器工作产生的涡流极小,散热量为传统变压器散热量的 0. 2,同等型号的变压器,使用上述发明的铁芯变压器负载能力大大提高,负载能力是传统变压器的 1. 6 倍,且变压器运行稳定,同等型号的变压器进行对比观察 12 月,本发明的变压器零故障,而传统变压器的故障次数为 7 次。



1. 一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,包括硅钢片,其特征在于:所述硅钢片上设有至少1个扁孔。

2. 如权利要求1所述的低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,其特征在于:所述扁孔的数量为1个,所述扁孔为椭圆形孔或菱形孔或方形孔。

3. 如权利要求2所述的低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,其特征在于:所述扁孔为椭圆形孔。

4. 如权利要求3所述的低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,其特征在于:所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点5~10mm;所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点7~9mm;所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点8mm。

5. 如权利要求3所述的低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,其特征在于:所述硅钢片的厚度为0.12~0.18mm;所述硅钢片的厚度为0.12~0.15mm;所述硅钢片的厚度为0.14mm。

6. 如权利要求4所述的低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,其特征在于:所述硅钢片还包括定位支座,所述支座包括方形的底板,所述底板上设置四个与扁孔大小相匹配的导向杆。

7. 如权利要求1所述的硅钢片,其特征在于:硅钢片组成成分为:C:0.001~0.002wt%、Si:4.7~6.2wt%、Mn:0.05~0.5wt%、Al:0.1~0.25wt%、Sn:0.01~1wt%、Mo:0.05~0.1wt%、N:0.003~0.02wt%、P:0.002~0.06wt%、Sb:0.003~0.02wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。

8. 如权利要求7所述的硅钢片,其特征在于:硅钢片组成成分为:C:0.001~0.0015wt%、Si:4.8~5.2wt%、Mn:0.05~0.3wt%、Al:0.1~0.25wt%、Sn:0.01~1wt%、Mo:0.05~0.08wt%、N:0.009~0.02wt%、P:0.002~0.06wt%、Sb:0.008~0.02wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。

9. 如权利要求7或8所述硅钢片的制备方法,其特征在于:包含以下步骤:

经热轧:将温度控制在1260~1300℃,保温2~3h后先粗轧2道次,再精轧3道次,最终压下量为91~94%,板材厚度≤0.25mm,在热轧过程中可形成MnS抑制剂;

卷曲:加热至610~650℃;

常化:在1120~1170℃下迅速退火,时间为6~8min,控制粒子的析出,大小、分布,进而控制组织的均匀性,并且使板材发生初次再结晶;

冷轧:压下量为91~94%,厚度≤0.18mm;

脱碳-渗氮:脱碳时通入水蒸气,控制最终C含量在30~200ppm,渗氮时通入NH<sub>3</sub>,在800℃下进行,并涂覆玻璃膜;高温退火、净化。

10. 如权利要求9的硅钢片制备方法,其特征在于:高温退火在纯氮气保护下,升到400~500℃保温2~4h,去除水蒸气并隔离空气;在通入氮气时:氢气为1:1~3条件下,升温速率为31℃/h~43℃/h下将炉温升至1120~1200℃后,环境换为纯氢气,保温8~10h。

## 低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于电力行业输配电变压器铁芯硅钢片技术领域,特别涉及一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 变压器铁芯是由若干个硅钢片交叉重叠而成,组装人员手动通过钢板及螺栓将若干个硅钢片固定在一起,叠装速度慢,费时费工效率低。为了提高组装效率,发明人在硅钢片上设置至少两个通孔,通孔起到导向及固定的作用。如 CN201120314442.5 公开的五级叠片式变压器铁芯,由至少一个叠积层叠积构成,叠积层由若干铁芯层叠积构成,相邻叠积层采用反向错位叠积,所述铁芯层包括有上、下轭片以及芯柱片,所述芯柱片两端分别与上、下轭片连接,连接处形成接缝,所述的叠积层包括有五层铁芯层,各铁芯层沿同一方向横向错位步进,且相邻铁芯层横向错位步进至少 3mm。又如 CN201020160123.9 公开的它包括有铁芯,铁芯由多层电工钢片叠积后连接组成,叠积后的电工钢片两端设有接缝区域,接缝区域内的电工钢片采用 45° 全斜纵横七步进阶梯排列,所述纵横七步进阶梯排列是由每七片电工钢片为一组,一片一叠,纵横七步进。本发明的铁芯采用 45° 全斜纵横七步进阶梯接缝方式后,降低气隙相邻电工钢片磁密,减少磁力线横穿越气隙的次数,与传统横向三步进阶梯铁芯干式变压器相比,空载损耗平均降低约 10%,噪声平均降低 2~3dB,改善传统接缝铁芯在接缝处的磁性能,减轻噪声环境污染和增加材料利用率,降低了交错处的磁饱和,从而减少了变压器的空载损耗和噪声,起到节约能源,提高供电质量。1) 上述两个专利公开的技术特征均存在不足时,硅钢片上设置至少两个通孔虽然在一定程度上解决了叠装速度慢的问题,但是对铁芯的磁通量影响大,进而影响变压器的性能。2) 上述两个专利中使用的硅钢片厚度大,且为常规使用的硅钢片,铁损量大,噪音大。

[0003] CN201110305042.2 公开的一种自铆接式硅钢片铁芯变压器,包括由若干片自铆接硅钢片重叠铆接而成的铁芯,自铆接硅钢片具有第一表面和第二表面,其上冲有铆接扣,铆接扣包括形成于第一表面上并内凹于第一表面的第一铆接面、形成于第二表面上并外凸于第二表面的第二铆接面,第一铆接面围成内凹于第一表面的凹槽,第二铆接面围成外凸于第二表面的凸起,第一铆接面与第二铆接面的形状相同;铆接时,第一片自铆接硅钢片的凸起卡入第二片自铆接硅钢片的凹槽中,第一片自铆接硅钢片的第一铆接面与第二片自铆接硅钢片的第二铆接面相贴紧。其不足之处在于:上述技术方案虽然解决了磁通量减小的问题,但是在组装过程中,硅钢片上的绝缘层容易被刮蹭掉,硅钢片之间磁路连通容易产生涡流,涡流能够产生几百摄氏度使运行中变压器发生爆炸,给电力企业及人民造成不可估量的损失。

[0004] 硅钢片,它是一种含碳极低的硅铁软磁合金,一般含硅量为 0.5~4.5%,加入硅可提高铁的电阻率和最大磁导率,降低矫顽力、铁芯损耗(铁损)和磁时效。硅钢主要用氧气转炉冶炼(也可用电弧炉冶炼),配合钢水真空处理和 AOD 技术(见炉外精炼,采用模铸或连铸法。根据不同的用途,冶炼时改变硅(0.5~4.5%)和铝(0.2~0.5%)含量以满足不同

磁性的要求。

[0005] 已有硅钢片取自含硅的钢材,采用热轧工艺生产,其主要存在的缺点是:1、首先进行加温,要消耗大量能源,成本高;2、热轧过程中,先制成钢坯,再经加热后锤打,锤打成的每张硅钢片最大规格是 $1.2 \times 2.5\text{m}$ ,而实际使用规格是 $1 \times 2\text{m}$ ,所以废边约占 $1/4 \sim 1/3$ ,浪费很大;3、锤打加工时噪声很大,污染环境;4、锻打产品厚薄不均匀,产品性能差;5、不能连续加工效率低。

## 发明内容

[0006] 为了解决上述问题,本发明目的在于开发电力行业中应用于输配电变压器的铁芯硅钢片,实现降低硅钢片厚度的同时,提高磁感B8、降低铁损及噪声水平,同时提高组装人员的叠装效率。

[0007] 为解决上述技术问题,本发明的技术方案是:一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,包括硅钢片,所述硅钢片上设有至少1个扁孔。

[0008] 进一步,优选的所述扁孔的数量优选为1个。

[0009] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔或菱形孔或方形孔。

[0010] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔。

[0011] 进一步,所述硅钢片还包括定位支座,所述支座包括方形的底板,所述底板上设置四个与扁孔大小相匹配的导向杆。

[0012] 进一步,所述硅钢片一侧设有凹槽,该凹槽为方形结构,所述硅钢片凹槽另一侧对应出设置与凹槽相相匹配的凸块。

[0013] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $5 \sim 10\text{mm}$ 。

[0014] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $7 \sim 9\text{mm}$ 。

[0015] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $8\text{mm}$ 。

[0016] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.12 \sim 0.18\text{mm}$ 。

[0017] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.12 \sim 0.15\text{mm}$ 。

[0018] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.14\text{mm}$ 。

[0019] 进一步,本发明提供的硅钢片组成成分为: C : $0.001 \sim 0.002\text{wt}\%$ 、Si : $4.7 \sim 6.2\text{wt}\%$ 、Mn : $0.05 \sim 0.5\text{wt}\%$ 、Al : $0.1 \sim 0.25\text{wt}\%$ 、Sn : $0.01 \sim 1\text{wt}\%$ 、Mo : $0.05 \sim 0.1\text{wt}\%$ 、N : $0.003 \sim 0.02\text{wt}\%$ 、P : $0.002 \sim 0.06\text{wt}\%$ 、Sb : $0.003 \sim 0.02\text{wt}\%$ 、余量由铁和其他不可避免的杂质。

[0020] 更为优选的,硅钢片组成成分为: C : $0.001 \sim 0.0015\text{wt}\%$ 、Si : $4.8 \sim 5.2\text{wt}\%$ 、Mn : $0.05 \sim 0.3\text{wt}\%$ 、Al : $0.1 \sim 0.25\text{wt}\%$ 、Sn : $0.01 \sim 1\text{wt}\%$ 、Mo : $0.05 \sim 0.08\text{wt}\%$ 、N : $0.009 \sim 0.02\text{wt}\%$ 、P : $0.002 \sim 0.06\text{wt}\%$ 、Sb : $0.008 \sim 0.02\text{wt}\%$ 、余量由铁和其他不可避免的杂质。

[0021] 上述硅钢片的制备方法,包含以下步骤:

经热轧:将温度控制在 $1260 \sim 1300^\circ\text{C}$ ,保温 $2 \sim 3\text{h}$ 后先粗轧2道次,再精轧3道次,最终压下量为 $91 \sim 94\%$ ,板材厚度 $\leq 0.25\text{mm}$ ,在热轧过程中可形成MnS抑制剂;

卷曲:加热至 $610 \sim 650^\circ\text{C}$ ;

常化：在 1120 ~ 1170℃ 下迅速退火，时间为 6 ~ 8min，控制粒子的析出，大小、分布，进而控制组织的均匀性，并且使板材发生初次再结晶；

冷轧：压下量为 91 ~ 94%，厚度 ≤ 0.18mm；

脱碳 - 渗氮：脱碳时通入水蒸气，控制最终 C 含量在 30 ~ 200ppm，渗氮时通入 NH<sub>3</sub>，在 800℃ 下进行，并涂覆玻璃膜；高温退火、净化。

[0022] 优选的，所述高温退火在纯氮气保护下，升到 400 ~ 500℃ 保温 2 ~ 4h，去除水蒸气并隔离空气。

[0023] 优选的，在通入氮气时：氢气为 1 : 1 ~ 3 条件下，升温速率为 31℃ /h ~ 43℃ /h 下将炉温升至 1120 ~ 1200℃ 后，环境换为纯氢气，保温 8 ~ 10h。

[0024] 本发明的硅钢片上设置扁孔，扁孔与圆孔的面积大小等同时，扁孔对硅钢片磁通量的影响几乎可以忽略不计，且扁孔只需一个便可起到导向固定作用，大大减小了扁孔对硅钢片磁通量的影响，基本不会影响变压器的性能；更为优选的扁孔采用椭圆孔，同等面积，椭圆孔长，高度低，对硅钢片磁通量影响更小，不会影响变压器的性能；进一步，优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 5~10mm，硅钢片通过正反依次叠加后，硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入，能够使硅钢片紧密结合在一起，固定牢固，噪音为现有噪音的 50%；进一步，优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 7~9mm，硅钢片通过正反依次叠加后，硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入，能够使硅钢片紧密结合在一起，固定更加牢固，噪音为现有噪音的 30%；进一步，优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 8mm，硅钢片通过正反依次叠加后，硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入，能够使硅钢片紧密结合在一起，固定更加牢固，噪音为现有噪音的 10%，进一步降低了变压器对居民生活的影响。进一步，优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.18mm，薄片并且片间绝缘处理，能够大大降低磁场的涡流发热，降低铁损，但是硅钢片过低不便于叠装，且叠装效率极低，不便于大规模生产；进一步，优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.15mm，能够大大降低磁场的涡流发热，降低铁损，进一步，优选的所述硅钢片的厚度为 0.14mm，使铁损降到最佳的值且便于叠装，两者起到了互补协同作用；更为优选的采用本发明提供的硅钢片组成成分为：C : 0.001 ~ 0.002wt%、Si : 4.7 ~ 6.2wt%、Mn : 0.05 ~ 0.5wt%、Al : 0.1 ~ 0.25wt%、Sn : 0.01 ~ 1wt%、Mo : 0.05 ~ 0.1wt%、N : 0.003 ~ 0.02wt%、P : 0.002 ~ 0.06wt%、Sb : 0.003 ~ 0.02wt%、Ni : 0.003 ~ 0.02wt%。成分中首次添加镱元素，镱元素是表面活性元素，它们可使硅钢最终退火织构中面活性组分减少和面组分增加，从而降低硅钢铁损，提高硅钢片的磁导率，提高其磁感应强度，提高高磁感取向。同时成分中还有次添加了镍元素，细化铁素体晶粒，增进钢的硬化性能；能降低热处理时的淬火温度，因此在热处理时变形小；能提高钢的塑韧性，特别是低温韧性；能提高钢的热强性和耐蚀性，是热强钢及奥氏体不锈钢的主要合金元素之一；更为重要的是能够有效的提高了硅钢片的磁导率，提高了变压器的性能。更为优选的，硅钢片组成成分为：C : 0.001 ~ 0.0015wt%、Si : 4.8 ~ 5.2wt%、Mn : 0.05 ~ 0.3wt%、Al : 0.1 ~ 0.25wt%、Sn : 0.01 ~ 1wt%、Mo : 0.05 ~ 0.08wt%、N : 0.009 ~ 0.02wt%、P : 0.002 ~ 0.06wt%、Sb : 0.008 ~ 0.02wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。硅钢片的磁导率达到最佳，经过发明人调查记录数据，组装后的变压器运行噪音是传统噪音的 0.1，更为重要的是本发明的硅钢片配方与制造方法起到协同作用，使变压器工作产生的涡流极小，散热量为

传统变压器散热量的 0.2, 同等型号的变压器, 使用上述发明的铁芯变压器负载能力大大提高, 负载能力是传统变压器的 1.6 倍, 且变压器运行稳定, 同等型号的变压器进行对比观察 12 月, 本发明的变压器零故障, 而传统变压器的故障次数为 7 次。本申请的硅钢片制备方法, 经热轧: 将温度控制在 1260 ~ 1300°C, 保温 2 ~ 3h 后先粗轧 2 道次, 再精轧 3 道次, 最终压下量为 91 ~ 94%, 板材厚度 ≤ 0.25mm, 在热轧过程中可形成 MnS 抑制剂; 卷曲: 加热至 610 ~ 650°C; 常化: 在 1120 ~ 1170°C 下迅速退火, 时间为 6 ~ 8min, 控制粒子的析出, 大小、分布, 进而控制组织的均匀性, 并且使板材发生初次再结晶; 冷轧: 压下量为 91 ~ 94%, 厚度 ≤ 0.18mm; 脱碳 - 渗氮: 脱碳时通入水蒸气, 控制最终 C 含量在 30 ~ 200ppm, 渗氮时通入 NH<sub>3</sub>, 在 800°C 下进行, 并涂覆玻璃膜; 高温退火、净化。

1. 节省材料。本发明采用钢板经过加温改性而成, 和实际使用的钢板一致, 不产生废边, 节省了材料。

2. 制造简单。传统的制造方法需要先制成钢坯, 再经加热后锤打成钢板, 制造工序复杂, 本发明采用现有钢板改性, 工序简单, 制造速度快。

3. 厚薄均匀。传统的制造方法采用捶打的方式制造, 容易造成厚度不均匀, 产品性能差, 本发明采用冷轧板改性加工而成, 厚度均匀, 成品合格率达到 99% 以上。

#### 附图说明

[0025] 下面结合附图对本发明做进一步地说明:

图 1 是本发明的硅钢片结构示意图。

#### 具体实施方式

[0026] 实施例 1: 如图 1 所示, 一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片, 包括硅钢片 1, 所述硅钢片上设有至少 1 个扁孔 3。

[0027] 进一步, 优选的所述扁孔的数量优选为 1 个。

[0028] 进一步, 优选的所述扁孔为椭圆形孔或菱形孔或方形孔。

[0029] 进一步, 优选的所述扁孔为椭圆形孔。

[0030] 进一步, 所述硅钢片还包括定位支座, 所述支座包括方形的底板, 所述底板上设置四个与扁孔大小相匹配的导向杆。

[0031] 进一步, 所述硅钢片一侧设有凹槽 2, 该凹槽 2 为方形结构, 所述硅钢片凹槽另一侧对应出设置与凹槽 2 相匹配的凸块。

[0032] 进一步, 优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 5~10mm。

[0033] 进一步, 优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 7~9mm。

[0034] 进一步, 优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 8mm。

[0035] 进一步, 优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.18mm。

[0036] 进一步, 优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.15mm。

[0037] 进一步, 优选的所述硅钢片的厚度为 0.14mm。

[0038] 进一步, 本发明提供的硅钢片组成成分为: C :0.001wt%、Si :4.7wt%、Mn :0.05wt%、Al :0.1wt%、Sn :0.01wt%、Mo :0.05wt%、N :0.003wt%、P :0.002wt%、Sb :0.003wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。

[0039] 上述硅钢片的制备方法,包含以下步骤:

经热轧:将温度控制在 1260℃,保温 2h 后先粗轧 2 道次,再精轧 3 道次,最终压下量为 91%,板材厚度 $\leq 0.25\text{mm}$ ,在热轧过程中可形成 MnS 抑制剂;

卷曲:加热至 610℃;

常化:在 1120℃下迅速退火,时间为 6min,控制粒子的析出,大小、分布,进而控制组织的均匀性,并且使板材发生初次再结晶;

冷轧:压下量为 91%,厚度 $\leq 0.18\text{mm}$ ;

脱碳-渗氮:脱碳时通入水蒸气,控制最终 C 含量在 30ppm,渗氮时通入  $\text{NH}_3$ ,在 850℃下进行,并涂覆玻璃膜;高温退火、净化。

[0040] 优选的,所述高温退火在纯氮气保护下,升到 400℃保温 2h,去除水蒸气并隔离空气。

[0041] 优选的,在通入氮气时:氢气为 1:1 条件下,升温速率为 31℃/h 下将炉温升至 1120℃后,环境换为纯氢气,保温 8h。

[0042] 实施例 2:如图 1 所示,一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,包括硅钢片,所述硅钢片上设有至少 1 个扁孔。

[0043] 进一步,优选的所述扁孔的数量优选为 1 个。

[0044] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔或菱形孔或方形孔。

[0045] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔。

[0046] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 5~10mm。

[0047] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 7~9mm。

[0048] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 8mm。

[0049] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.18mm。

[0050] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.15mm。

[0051] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.14mm。

[0052] 进一步,本发明提供的硅钢片组成成分为: C :0.002wt%、Si :6.2wt%、Mn :0.5wt%、Al :0.25wt%、Sn :1wt%、Mo :0.1wt%、N :0.02wt%、P :0.06wt%、Sb :0.02wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。

[0053] 上述硅钢片的制备方法,包含以下步骤:

经热轧:将温度控制在 1300℃,保温 3h 后先粗轧 2 道次,再精轧 3 道次,最终压下量为 94%,板材厚度 $\leq 0.25\text{mm}$ ,在热轧过程中可形成 MnS 抑制剂;

卷曲:加热至 650℃;

常化:在 1170℃下迅速退火,时间为 8min,控制粒子的析出,大小、分布,进而控制组织的均匀性,并且使板材发生初次再结晶;

冷轧:压下量为 94%,厚度 $\leq 0.18\text{mm}$ ;

脱碳-渗氮:脱碳时通入水蒸气,控制最终 C 含量在 200ppm,渗氮时通入  $\text{NH}_3$ ,在 830℃下进行,并涂覆玻璃膜;高温退火、净化。

[0054] 优选的,高温退火在纯氮气保护下,升到 500℃保温 2 ~ 4h,去除水蒸气并隔离空气。

[0055] 优选的,在通入氮气时:氢气为 1 :3 条件下,升温速率为 43℃ /h 下将炉温升至 1200℃后,环境换为纯氢气,保温 10h。

[0056] 实施例 3 :如图 1 所示,一种低铁损、低噪声、高磁通、叠装快的硅钢片,包括硅钢片,所述硅钢片上设有至少 1 个扁孔。

[0057] 进一步,优选的所述扁孔的数量优选为 1 个。

[0058] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔或菱形孔或方形孔。

[0059] 进一步,优选的所述扁孔为椭圆形孔。

[0060] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 5~10mm。

[0061] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 7~9mm。

[0062] 进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 8mm。

[0063] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.18mm。

[0064] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.12~0.15mm。

[0065] 进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 0.14mm。

[0066] 进一步,本发明提供的硅钢片组成成分为: C :0.0015wt%、Si :5.2wt%、Mn :0.3wt%、Al :0.18wt%、Sn :0.05wt%、Mo :0.075wt%、N :0.01wt%、P :0.03wt%、Sb :0.01wt%、余量由铁和其他不可避免的杂质。

[0067] 上述硅钢片的制备方法,包含以下步骤:

经热轧:将温度控制在 1280℃,保温 2.5h 后先粗轧 2 道次,再精轧 3 道次,最终压下量为 91 ~ 94%,板材厚度 ≤ 0.25mm,在热轧过程中可形成 MnS 抑制剂;

卷曲:加热至 630℃;

常化:在 1150℃下迅速退火,时间为 7min,控制粒子的析出,大小、分布,进而控制组织的均匀性,并且使板材发生初次再结晶;

冷轧:压下量为 93%,厚度 ≤ 0.18mm;

脱碳 - 渗氮:脱碳时通入水蒸气,控制最终 C 含量在 110ppm,渗氮时通入 NH<sub>3</sub>,在 820℃下进行,并涂覆玻璃膜;高温退火、净化。

[0068] 优选的,所述高温退火在纯氮气保护下,升到 450℃保温 2 ~ 4h,去除水蒸气并隔离空气。

[0069] 优选的,在通入氮气时:氢气为 1 :1.8 条件下,升温速率为 35℃ /h 下将炉温升至 1160℃后,环境换为纯氢气,保温 9h。

[0070] 本发明的硅钢片上设置扁孔,扁孔与圆孔的面积大小等同时,扁孔对硅钢片磁通量的影响几乎可以忽略不计,且扁孔只需一个便可起到导向固定作用,大大减小了扁孔对硅钢片磁通量的影响,基本不会影响变压器的性能;更为优选的扁孔采用椭圆孔,同等面积,椭圆孔长,高度低,对硅钢片磁通量影响更小,不会影响变压器的性能;所述硅钢片还包括定位支座,所述支座包括方形的底板,所述底板上设置四个与扁孔大小相匹配的导向杆,导向杆的大小小于扁孔,硅钢片套装在导向杆上能够较小角度的转动需要作业人员手动进行调齐,另一方面在使用一段时间后导向杆容易磨损,硅钢片套装在导向杆上能够稍大角度的转动需要作业人员手动进行调齐,费时费力且容易割伤手臂,叠装效率低;该凹槽为方形结构,起到导向作用,防止硅钢片叠加不整齐。进一步的,所述硅钢片一侧设有凹槽,该硅

钢片凹槽另一侧对应出处设置与凹槽相配匹配的凸块,硅钢片之间通过凹槽和凸块很快扣合在一起,另一方面导向杆起到导向作用,可以快速进行叠装,两者相结合,叠装效率大大提高。进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $5\sim 10\text{mm}$ ,硅钢片通过正反依次叠加后,硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入,能够使硅钢片紧密结合在一起,固定牢固,噪音为现有噪音的 50%;进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $7\sim 9\text{mm}$ ,硅钢片通过正反依次叠加后,硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入,能够使硅钢片紧密结合在一起,固定更加牢固,噪音为现有噪音的 30%;进一步,优选的所述扁孔位于硅钢片的中心水平线上且距离硅钢片中心点 $8\text{mm}$ ,硅钢片通过正反依次叠加后,硅钢片之间形成的缝隙供相配合的硅钢片插入,能够使硅钢片紧密结合在一起,固定更加牢固,噪音为现有噪音的 10%,进一步降低了变压器对居民生活的影响。进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.12\sim 0.18\text{mm}$ ,薄片并且片间绝缘处理,能够大大降低磁场的涡流发热,降低铁损,但是硅钢片过低不便于叠装,且叠装效率极低,不便于大规模生产;进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.12\sim 0.15\text{mm}$ ,能够大大降低磁场的涡流发热,降低铁损,进一步,优选的所述硅钢片的厚度为 $0.14\text{mm}$ ,使铁损降到最佳的值且便于叠装,两者起到了互补协同作用;更为优选的采用本发明提供的硅钢片组成成分为: C : $0.001\sim 0.002\text{wt}\%$ 、Si : $4.7\sim 6.2\text{wt}\%$ 、Mn : $0.05\sim 0.5\text{wt}\%$ 、Al : $0.1\sim 0.25\text{wt}\%$ 、Sn : $0.01\sim 1\text{wt}\%$ 、Mo : $0.05\sim 0.1\text{wt}\%$ 、N : $0.003\sim 0.02\text{wt}\%$ 、P : $0.002\sim 0.06\text{wt}\%$ 、Sb : $0.003\sim 0.02\text{wt}\%$ 、Ni : $0.003\sim 0.02\text{wt}\%$ 。成分中首次添加加入铈元素,铈元素是表面活性元素,它们可使硅钢最终退火织构中面活性组分减少和面组分增加,从而降低硅钢铁损,提高硅钢片的磁导率,提高其磁感应强度,提高高磁感取向。同时成分中还有次添加了镍元素,细化铁素体晶粒,增进钢的硬化性能;能降低热处理时的淬火温度,因此在热处理时变形小;能提高钢的塑韧性,特别是低温韧性;能提高钢的热强性和耐蚀性,是热强钢及奥氏体不锈钢的主要合金元素之一;更为重要的是能够有效的提高了硅钢片的磁导率,提高了变压器的性能。更为优选的,硅钢片组成成分为: C : $0.001\sim 0.0015\text{wt}\%$ 、Si : $4.8\sim 5.2\text{wt}\%$ 、Mn : $0.05\sim 0.3\text{wt}\%$ 、Al : $0.1\sim 0.25\text{wt}\%$ 、Sn : $0.01\sim 1\text{wt}\%$ 、Mo : $0.05\sim 0.08\text{wt}\%$ 、N : $0.009\sim 0.02\text{wt}\%$ 、P : $0.002\sim 0.06\text{wt}\%$ 、Sb : $0.008\sim 0.02\text{wt}\%$ 、余量由铁和其他不可避免的杂质,硅钢片的磁导率达到最佳,经过发明人调查记录数据使用实施例 3 制造的变压器,组装后的变压器运行噪音是传统噪音的 0.1,更为重要的是本发明的硅钢片配方与制造方法起到协同作用,使变压器工作产生的涡流极小,散热量为传统变压器散热量的 0.2,同等型号的变压器,使用上述发明的铁芯变压器负载能力大大提高,负载能力是传统变压器的 1.6 倍,且变压器运行稳定,同等型号的变压器进行对比观察 12 月,本发明的变压器零故障,而传统变压器的故障次数为 7 次。本申请的硅钢片制备方法,经热轧:将温度控制在 $1260\sim 1300^\circ\text{C}$ ,保温 $2\sim 3\text{h}$ 后先粗轧 2 道次,再精轧 3 道次,最终压下量为 $91\sim 94\%$ ,板材厚度 $\leq 0.25\text{mm}$ ,在热轧过程中可形成 MnS 抑制剂;卷曲:加热至 $610\sim 650^\circ\text{C}$ ;常化:在 $1120\sim 1170^\circ\text{C}$ 下迅速退火,时间为 $6\sim 8\text{min}$ ,控制粒子的析出,大小、分布,进而控制组织的均匀性,并且使板材发生初次再结晶;冷轧:压下量为 $91\sim 94\%$ ,厚度 $\leq 0.18\text{mm}$ ;脱碳-渗氮:脱碳时通入水蒸气,控制最终 C 含量在 $30\sim 200\text{ppm}$ ,渗氮时通入 $\text{NH}_3$ ,在 $800^\circ\text{C}$ 下进行,并涂覆玻璃膜;高温退火、净化。1. 节省材料。本发明采用钢板经过加温改性而成,和实际使用的钢板一致,不产生废边,节省了材料。2. 制造简单。传统的制造方法需要先

制成钢坯,再经加热后锤打成钢板,制造工序复杂,本发明采用现有钢板改性,工序简单,制造速度快。3. 厚薄均匀。传统的制造方法采用捶打的方式制造,容易造成厚度不均匀,产品性能差,本发明采用冷轧板改性加工而成,厚度均匀,成品合格率达到 99% 以上。

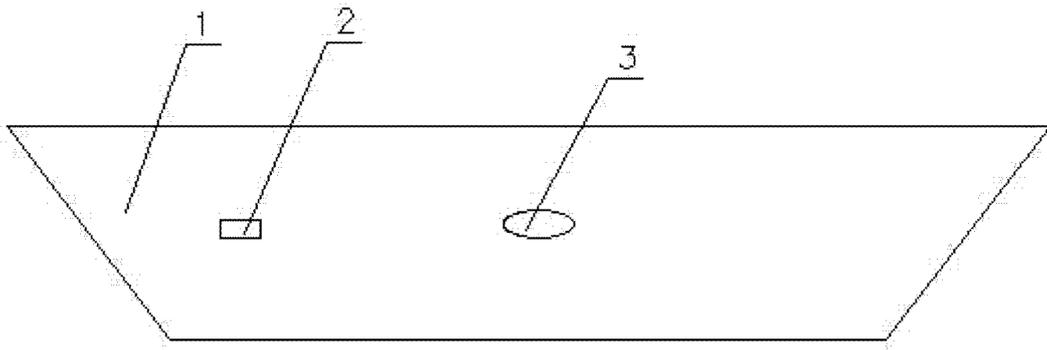


图 1