



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108010653 A

(43)申请公布日 2018.05.08

(21)申请号 201711438722.5 *C09D 5/08*(2006.01)

(22)申请日 2017.12.27 *C09D 5/25*(2006.01)

(71)申请人 宁波耀峰液压电器有限公司 *C09D 7/61*(2018.01)

地址 315135 浙江省宁波市鄞州区云龙镇 *C09D 7/63*(2018.01)

荷花桥村

(72)发明人 张峰

(74)专利代理机构 宁波市鄞州盛飞专利代理事

务所(普通合伙) 33243

代理人 洪珊珊

(51) Int. Cl.

H01F 1/147(2006.01)

H01F 1/22(2006.01)

H01F 7/08(2006.01)

C09D 167/00(2006.01)

C09D 103/04(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种直流湿式阀用电磁铁

(57)摘要

本发明涉及一种直流湿式阀用电磁铁,属于机械技术领域。本发明的电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,所述铁芯由硅钢片制成,所述硅钢片包括芯部、过渡层和绝缘耐蚀层,所述芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.03-0.05%C、3.5-5.5%Si、1.1-2.3%Al、0.3-0.5%Mn、0.05-0.07%Cr、0.5-0.8%Sn、0.3-0.5%N、0.06-0.08%Mo、0.08-0.16%Ga、0.2-0.6%Ag、0.005-0.01%Gd,其余为铁及不可避免的杂质。本发明的电磁铁具有铁损小、耐腐蚀、使用寿命长的特点。

1. 一种直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,其特征在于,所述铁芯由硅钢片制成,所述硅钢片包括芯部、过渡层和绝缘耐蚀层,所述芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.03-0.05% C、3.5-5.5% Si、1.1-2.3% Al、0.3-0.5% Mn、0.05-0.07% Cr、0.5-0.8% Sn、0.3-0.5% N、0.06-0.08% Mo、0.08-0.16% Ga、0.2-0.6% Ag、0.005-0.01% Gd,其余为铁及不可避免的杂质。

2. 根据权利要求1所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述过渡层为掺杂有3.0-5.5%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层。

3. 根据权利要求2所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述过渡层的碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加。

4. 根据权利要求2所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述碳纤维的长度为0.1-0.8 μ m,长径比为20-60。

5. 根据权利要求1所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述过渡层和绝缘耐蚀层之间还具有辅助层,所述辅助层由粒径为1-10nm的VC粉涂覆在过渡层上形成。

6. 根据权利要求5所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述辅助层的制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,然后在过渡层表面涂覆VC粉,再进行高温处理。

7. 根据权利要求6所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述高温处理为,以20-30 $^{\circ}$ C/s的速度升温至850-970 $^{\circ}$ C,保温10-50min,然后以15-20 $^{\circ}$ C/s的速度降温至280-350 $^{\circ}$ C,保温20-50min,再自然冷却至室温。

8. 根据权利要求1所述的直流湿式阀用电磁铁,其特征在于,所述绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:0.8-1.2%环烷酸钴、8-15%丙醇、45-55%亚油酸、2-6%阳离子淀粉、5-7%纳米Si₃N₄,余量为乙二酸聚酯。

一种直流湿式阀用电磁铁

技术领域

[0001] 本发明属于机械技术领域,涉及一种直流湿式阀用电磁铁。

背景技术

[0002] 在建筑机械、产业机械所使用的液压设备中通常使用电磁阀实现电-机械的转换,具有驱动力大、易于维护、成本低等优点。电磁阀中的驱动部件电磁铁主要分为干式电磁铁和湿式电磁铁,湿式电磁铁因其性能高、寿命长、可靠性高的特点逐步取代了干湿电磁铁。湿式电磁铁的主要优势在于:(1)电磁铁内腔的油液有阻尼作用,使滑阀换向和复位动作平稳,液压冲击小,换向噪声小;(2)电磁铁内腔中油液的循环,不断带走电磁铁工作中产生的热量,提高电磁铁和换向阀的使用寿命;(3)油液的润滑作用减少了电磁铁运动零件的磨损,使其长期保持精准;(4)干式电磁铁推杆动密封的摩擦力影响换向阀的工作可靠性,密封失灵会造成漏油,而湿式电磁铁中具有非导磁材料制成的导套,油液被封在导套内,在线圈通电和断电的磁力作用下,衔铁(铁芯)在导套内移动,因此,电磁阀的相对运动部件之间就不需要设置密封装置,减少了阀芯运动阻力,提高了滑阀转向可靠性,并且没有外泄露,从结构上根本消除了干式电磁铁漏油的问题,从而提高了工作可靠性。但是,现有的铁芯采用软磁材料制成,往往存在铁损大,使用能耗高的问题,并且湿式电磁铁长期浸在油液中,容易产生锈蚀问题,尤其是铁芯,降低了使用寿命和使用效果。

发明内容

[0003] 本发明的目的是针对现有技术存在的上述问题,提出了一种铁损小、耐腐蚀、使用寿命长的直流湿式阀用电磁铁。

[0004] 本发明的目的可通过下列技术方案来实现:

[0005] 一种直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,所述铁芯由硅钢片制成,所述硅钢片包括芯部、过渡层和绝缘耐蚀层,所述芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.03-0.05% C、3.5-5.5% Si、1.1-2.3% Al、0.3-0.5% Mn、0.05-0.07% Cr、0.5-0.8% Sn、0.3-0.5% N、0.06-0.08% Mo、0.08-0.16% Ga、0.2-0.6% Ag、0.005-0.01% Gd,其余为铁及不可避免的杂质。

[0006] 本发明通过合理配伍硅钢合金的组分,有效保证了硅钢合金的强度、韧性,降低了硅钢合金的铁损,提高了硅钢合金的磁导率。本发明中C和N能够有效提高硅钢合金的强度,但是C含量不能过高,否则会增大磁时效,大大提高硅钢合金的铁损值,增大 α -Fe的矫顽力,加大磁滞损失,降低硅钢合金的磁感应强度。本发明中的Si元素能够与氧结合,使氧转变为稳定的不为碳还原的 SiO_2 ,避免了因氧原子掺杂而使铁的晶格畸变,同时Si在 α -Fe中固溶增加了硅钢合金的电阻率,且有助于分离出有害杂质C,因此Si元素的添加能提高磁导率、降低矫顽力和铁损,但含硅量过高会增加硅钢材料的硬脆性,降低其导热性和韧性。本发明中的Al元素具有固氮除氧、促进晶粒生长、提高电阻率、减小磁的各向异性常数,进而降低铁损以及提高硅钢合金韧性的作用。但是Al元素含量不能过低,否则Al与N形成细小弥散的

AlN,会阻碍退火时晶粒长大,从而降低磁性能,而当Al元素含量过高时,会提高硅钢的退火温度,增加能耗。本发明中的Mn能够改善硅钢合金的晶体结构,从而改善其磁性能,但是Mn含量过高会使组织变坏,反而不利于磁性能的提高。本发明中的Sn元素能够在AlN和基体界面处偏聚,阻碍AlN的过大增长,从而减少初次晶粒尺寸,在退火后得到更为完善的二次结晶组织,提高硅钢的取向度和磁性,降低铁损。本发明中的Mo元素能与C形成碳化物,一方面可提高硅钢合金的硬度和耐磨性能,另一方面能降低硅钢合金的时效,防止硅钢合金在退火后晶粒回涨,铁损增加。本发明中Ga元素的添加能够抑制退火时的AlN沉淀,从而防止AlN沉淀对不利于磁性的晶粒结构的存进生长。但过多的Ga元素会对磁畴产生钉扎作用,导致磁性能的恶化。本发明中Ag元素能够改善硅钢合金的耐腐蚀性和韧性,改善晶粒内部的塑性变形能力,经过退火处理,增大显微组织晶界的弯曲程度,加剧晶界间移动的阻碍,抑制晶粒长大,从而提供了更高的强度和塑性变形能力。适量Gd的添加能够减少硅钢中的偏析,提高硅钢内部组织的均匀性,减少硅钢材料中的细小夹杂物,提高硅钢的力学性能和磁性能。

[0007] 作为优选,所述N元素以氮化铬铁的形式加入。

[0008] 作为优选,所述过渡层为掺杂有3.0-5.5%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层。

[0009] 本发明在过渡层中添加适量的碳纤维,有效提高了过渡层的强度和耐磨性能,而本发明硅钢片的芯部柔韧性较好,从而使硅钢片形成内韧外硬的结构,有效提高了硅钢片的使用性能,使硅钢片在使用时各方向受力均不易折断,且硅钢片之间的摩擦性能好,不易产生错位,影响铁芯质量。碳纤维在过渡层的表面突出形成毛刺结构,增加了绝缘耐蚀层与过渡层的贴合紧密性。

[0010] 作为优选,所述过渡层的碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加。

[0011] 本发明将碳纤维的含量从内层到外层逐渐增加,形成一个渐变的过渡层,使硅钢片的硬度从内到外逐渐增加,提高了芯部与过渡层的结合紧密性,防止了材质突然的变化导致的分层现象。

[0012] 作为优选,所述碳纤维的长度为0.1-0.8 μm ,长径比为20-60。

[0013] 作为优选,所述过渡层的厚度为0.3-3 μm 。

[0014] 理论上,碳纤维的长径比越大,其增强效果越明显,但是碳纤维过长,容易在基体中绞结成团,不利于分散,而碳纤维过短,不利于在基体中形成增强网络,降低增强效果;碳纤维长径比过高,影响强度的增强效果。

[0015] 作为优选,所述过渡层和绝缘耐蚀层之间还具有辅助层,所述辅助层由粒径为1-10nm的VC粉涂覆在过渡层上形成。

[0016] 本发明在过渡层和绝缘耐蚀层之间设置纳米VC辅助层,纳米VC粒子在后续的退火高温处理过程中能够渗入过渡层中,并向过渡层中的亚晶界处扩散,占据过渡层中的空穴位置,减少后续退火高温处理后晶粒回复的趋势,使退火处理产生的亚晶界趋于真正的晶界,从而降低铁损,并降低高温处理后的时效时间。并且因其较低的热膨胀系数,在高温冷却后对基体形成张力作用,进一步降低铁损。

[0017] 作为优选,所述辅助层的厚度为0.1-0.5 μm 。

[0018] 作为优选,所述辅助层的制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,然后在过渡

层表面涂覆VC粉,再进行高温处理。

[0019] 作为优选,所述等离子处理的工作气体为 O_2 、乙醇、 H_2O_2 、水蒸气中的一种或几种的混合。

[0020] 作为优选,所述等离子处理的电压为145-185V,电压频率为30-50kHz,时间为10-30s。

[0021] 等离子处理能够在过渡层表面产生刻痕作用,在刻痕区形成亚晶界,使磁畴细化,降低铁损,并能产生活化作用,增加过渡层表面的活性基团,增加过渡层与VC辅助层的结合力。但是等离子处理产生的亚晶界并不稳定,在等离子处理后有恢复的趋势,辅助层中的纳米VC粒子同时能够进入该亚晶界中,降低其恢复趋势。

[0022] 作为优选,所述高温处理为,以20-30℃/s的速度升温至850-970℃,保温10-50min,然后以15-20℃/s的速度降温至280-350℃,保温20-50min,再自然冷却至室温。

[0023] 本发明在850-970℃进行高温处理,硅钢基体内部微晶结构能够在等离子处理的基础上再产生一定量的不同类型的亚晶界,而在此温度下,纳米VC粒子能够快速进入等离子处理和高温处理产生的亚晶界中,并在保温过程中稳定下来,然后降温至280-350℃时,硅钢基体内部微结构基本稳定,再经过一段时间的保温,内部应力进一步消除,自然冷却至室温后,内部微结构完全稳定,无需再进行更多的时效处理。

[0024] 作为优选,所述绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:0.8-1.2%环烷酸钴、8-15%丙醇、45-55%亚油酸、2-6%阳离子淀粉、5-7%纳米 Si_3N_4 ,余量为乙二酸聚酯。

[0025] 本发明在绝缘耐蚀层的原料中添加了纳米 Si_3N_4 ,纳米 Si_3N_4 能够与辅助层的纳米VC粒子产生协同作用,提高纳米VC粒子在基体中的稳定性,从而稳定降低铁损的作用。并且在整个绝缘耐蚀层中起到强化作用,使涂层致密均匀,有效弥补了涂层的孔隙,对腐蚀性离子有明显的阻滞作用,从而提高绝缘耐蚀层的抗蚀性能。阳离子淀粉能够促进绝缘耐蚀层的成膜作用,提高纳米 Si_3N_4 的反应活性,从而提高绝缘耐蚀层的附着力和抗剥离度。

[0026] 作为优选,所述绝缘耐蚀层的厚度为1-3 μm 。

[0027] 与现有技术相比,本发明具有以下有益效果:本发明通过合理设置硅钢片的材质,合理配伍硅钢片芯部、过渡层、绝缘耐蚀层的组分,有效降低了电磁铁铁芯的铁损,提高了铁芯硅钢片的芯部的韧性、过渡层的强度以及绝缘耐蚀层的耐腐蚀性能、附着性,从而有效提高了铁芯的使用性能和使用寿命。

具体实施方式

[0028] 以下是本发明的具体实施例,对本发明的技术方案作进一步的描述,但本发明并不限于这些实施例。

[0029] 实施例1

[0030] 本实施例中的直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,铁芯由硅钢片制成,硅钢片包括芯部、过渡层、辅助层和绝缘耐蚀层。

[0031] 其中,芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.03%C、3.5%Si、1.1%Al、0.3%Mn、0.05%Cr、0.5%Sn、0.3%N、0.06%Mo、0.08-0.16%Ga、0.2-0.6%Ag、0.005-0.01%Gd,其余为铁及不可避免的杂质,N元素以氮化铬铁的形式加入;

[0032] 过渡层为掺杂有3.0%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层,碳纤维的含量由芯部

与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加,碳纤维的长度为0.1-0.8 μm ,长径比为20-60,过渡层的厚度为0.3 μm 。

[0033] 辅助层的厚度为0.1 μm ,制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,等离子处理的电压为145V,电压频率为30kHz,时间为10s,等离子处理的工作气体为 O_2 ,然后在过渡层表面涂覆粒径为1-10nm的VC粉,再进行高温处理,高温处理的过程为,以20 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度升温至970 $^\circ\text{C}$,保温10min,然后以15 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度降温至280 $^\circ\text{C}$,保温50min,再自然冷却至室温。

[0034] 绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:0.8%环烷酸钴、8%丙醇、45%亚油酸、2%阳离子淀粉、5%纳米 Si_3N_4 ,余量为乙二酸聚酯。绝缘耐蚀层的厚度为1-3 μm 。制备过程为,将原料混匀,涂覆于硅钢片基体上,在80 $^\circ\text{C}$ 下烘干。

[0035] 实施例2

[0036] 本实施例中的直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,铁芯由硅钢片制成,硅钢片包括芯部、过渡层、辅助层和绝缘耐蚀层。

[0037] 其中,芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.04%C、4.3%Si、1.7%Al、0.4%Mn、0.06%Cr、0.7%Sn、0.4%N、0.07%Mo、0.09%Ga、0.5%Ag、0.007%Gd,其余为铁及不可避免的杂质,N元素以氮化铬铁的形式加入;

[0038] 过渡层为掺杂有4.0%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层,碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加,碳纤维的长度为0.1-0.8 μm ,长径比为20-60。过渡层的厚度为1.0 μm 。

[0039] 辅助层的厚度为0.3 μm ,制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,等离子处理的电压为163V,电压频率为40kHz,时间为20s,等离子处理的工作气体为乙醇,然后在过渡层表面涂覆粒径为1-10nm的VC粉,再进行高温处理,高温处理的过程为,以25 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度升温至900 $^\circ\text{C}$,保温30min,然后以18 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度降温至310 $^\circ\text{C}$,保温35min,再自然冷却至室温。

[0040] 绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:0.9%环烷酸钴、10%丙醇、50%亚油酸、3%阳离子淀粉、6%纳米 Si_3N_4 ,余量为乙二酸聚酯。绝缘耐蚀层的厚度为1-3 μm 。制备过程为,将原料混匀,涂覆于硅钢片基体上,在100 $^\circ\text{C}$ 下烘干。

[0041] 实施例3

[0042] 本实施例中的直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,铁芯由硅钢片制成,硅钢片包括芯部、过渡层、辅助层和绝缘耐蚀层。

[0043] 其中,芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.04%C、4.3%Si、1.7%Al、0.4%Mn、0.06%Cr、0.7%Sn、0.4%N、0.07%Mo、0.09%Ga、0.5%Ag、0.007%Gd,其余为铁及不可避免的杂质,N元素以氮化铬铁的形式加入;

[0044] 过渡层为掺杂有5.5%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层,碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加,碳纤维的长度为0.1-0.8 μm ,长径比为20-60。过渡层的厚度为2.0 μm 。

[0045] 辅助层的厚度为0.5 μm ,制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,等离子处理的电压为170V,电压频率为40kHz,时间为20s,等离子处理的工作气体为 H_2O_2 ,然后在过渡层表面涂覆粒径为1-10nm的VC粉,再进行高温处理,高温处理的过程为,以25 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度升温至900 $^\circ\text{C}$,保温40min,然后以17 $^\circ\text{C}/\text{s}$ 的速度降温至300 $^\circ\text{C}$,保温40min,再自然冷却至室温。

[0046] 绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:1.0%环烷酸钴、11%丙醇、44%

亚油酸、4%阳离子淀粉、6%纳米Si₃N₄,余量为乙二酸聚酯。绝缘耐蚀层的厚度为1-3μm。制备过程为,将原料混匀,涂覆于硅钢片基体上,在120℃下烘干。

[0047] 实施例4

[0048] 本实施例中的直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,铁芯由硅钢片制成,硅钢片包括芯部、过渡层、辅助层和绝缘耐蚀层。

[0049] 其中,芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.05%C、5.5%Si、2.3%Al、0.5%Mn、0.07%Cr、0.8%Sn、0.5%N、0.08%Mo、0.16%Ga、0.6%Ag、0.01%Gd,其余为铁及不可避免的杂质,N元素以氮化铬铁的形式加入;

[0050] 过渡层为掺杂有4.3%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层,碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加,碳纤维的长度为0.1-0.8μm,长径比为20-60。过渡层的厚度为2.6μm。

[0051] 辅助层的厚度为0.2μm,制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,等离子处理的电压为155V,电压频率为40kHz,时间为20s,等离子处理的工作气体为水蒸气中,然后在过渡层表面涂覆粒径为1-10nm的VC粉,再进行高温处理,高温处理的过程为,以26℃/s的速度升温至820℃,保温45min,然后以19℃/s的速度降温至290℃,保温45min,再自然冷却至室温。

[0052] 绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:1.1%环烷酸钴、13%丙醇、51%亚油酸、5%阳离子淀粉、6%纳米Si₃N₄,余量为乙二酸聚酯。绝缘耐蚀层的厚度为1-3μm。制备过程为,将原料混匀,涂覆于硅钢片基体上,在160℃下烘干。

[0053] 实施例5

[0054] 本实施例中的直流湿式阀用电磁铁,包括线圈、导套、固定磁极和铁芯,铁芯由硅钢片制成,硅钢片包括芯部、过渡层、辅助层和绝缘耐蚀层。

[0055] 其中,芯部由包括以下质量百分比组分的硅钢合金制成,0.05%C、5.5%Si、2.3%Al、0.5%Mn、0.07%Cr、0.8%Sn、0.5%N、0.08%Mo、0.16%Ga、0.6%Ag、0.01%Gd,其余为铁及不可避免的杂质,N元素以氮化铬铁的形式加入;

[0056] 过渡层为掺杂有3.8%质量百分比的碳纤维的硅钢合金层,碳纤维的含量由芯部与过渡层的界面处至过渡层与绝缘耐蚀层的界面处逐渐增加,碳纤维的长度为0.1-0.8μm,长径比为20-60。过渡层的厚度为3μm。

[0057] 辅助层的厚度为0.4μm,制备过程为,对过渡层表面进行等离子处理,等离子处理的电压为185V,电压频率为50kHz,时间为30s,等离子处理的工作气体为O₂,然后在过渡层表面涂覆粒径为1-10nm的VC粉,再进行高温处理,高温处理的过程为,以30℃/s的速度升温至850℃,保温50min,然后以20℃/s的速度降温至350℃,保温20,再自然冷却至室温。

[0058] 绝缘耐蚀层的原料包括以下质量百分比的组分:0.8-1.2%环烷酸钴、15%丙醇、55%亚油酸、6%阳离子淀粉、7%纳米Si₃N₄,余量为乙二酸聚酯。绝缘耐蚀层的厚度为1-3μm。制备过程为,将原料混匀,涂覆于硅钢片基体上,在200℃下烘干。

[0059] 对比例1

[0060] 采用常规硅钢组分制成硅钢片芯部和过渡层,其他与实施例3相同。

[0061] 对比例2

[0062] 硅钢片不包括过渡层和辅助层,其他与实施例3相同。

[0063] 对比例3

[0064] 硅钢片不包括辅助层,其他与实施例3相同。

[0065] 对比例4

[0066] 硅钢片的绝缘耐蚀层的原料中没有阳离子淀粉和纳米 Si_3N_4 ,其他与实施例3相同。

[0067] 对比例5

[0068] 采用常规硅钢组分制成硅钢片芯部和过渡层,且硅钢片不包括过渡层和辅助层,其他与实施例3相同。

[0069] 将本发明实施例1-5、对比例1-5中制得的硅钢片的性能进行比较,比较结果如表1所示。

[0070] 表1:实施例1-5、对比例1-5中硅钢片性能的比较

[0071]

性能 实施例	芯部屈服强度 (Mpa)	芯部拉伸强度 (Mpa)	芯部硬度 (HRB)	过渡层屈服强度 (Mpa)	过渡层拉伸强度 (Mpa)	过渡层硬度 (HRB)	铁损 P1.5/5 0HZ	磁通密度 B50
实施例 1	346	557	46	366	580	76	6.3	1.92
实施例 2	351	578	45	375	588	78	6.0	1.93
实施例 3	360	593	49	370	611	79	5.8	1.95
实施例 4	357	582	46	368	608	77	6.1	1.89
实施例 5	349	562	44	365	592	75	6.2	1.87
对比例 1	332	535	43	333	534	44	8.9	1.68
对比例 2	359	592	49	—	—	—	8.1	1.79
对比例 3	360	594	49	371	608	78	8.2	1.77
对比例 4	361	593	49	370	609	77	7.6	1.79
对比例 5	332	535	43	333	534	44	9.8	1.65

[0072] 综上所述,本发明通过合理设置硅钢片的层次结构,并合理配伍各层材料的配方,有效提高了硅钢片的力学性能和各层之间的结合力,并降低了硅钢片的铁损,提高了硅钢片的耐腐蚀性。

[0073] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种各样的修改或补充或采用类似的方式替代,但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。