



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112863801 B

(45) 授权公告日 2022. 09. 27

(21) 申请号 202110046166.7

H01F 1/147 (2006.01)

(22) 申请日 2021.01.14

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 101414501 A, 2009.04.22

申请公布号 CN 112863801 A

EP 0976680 A1, 2000.02.02

CN 102637518 A, 2012.08.15

(43) 申请公布日 2021.05.28

审查员 王朝政

(73) 专利权人 安徽大学

地址 230000 安徽省合肥市九龙路111号

(72) 发明人 倪江利 冯双久 刘先松 胡峰

阚绪材 朱守金 李勇

(74) 专利代理机构 合肥汇融专利代理有限公司

34141

专利代理师 赵宗海

(51) Int. Cl.

H01F 1/33 (2006.01)

H01F 41/00 (2006.01)

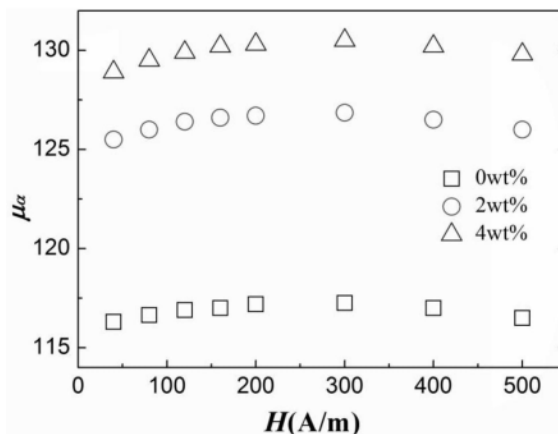
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54) 发明名称

一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明提供一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法,涉及软磁复合材料加工技术领域。所述高磁导率、低磁损的复合材料为FeAlSi/羰基铁复合材料,其制备方法主要包括:金属粉制备、原料钝化、复合材料制备等步骤。本发明克服了现有技术的不足,通过羰基铁颗粒的存在增强了FeAlSi之间的磁耦合,导致磁导率增加,磁滞损耗降低,同时羰基铁本身的磁滞损耗大于FeAlSi,当含量为4%时,样品的磁损耗最低,磁导率高,具有优良的商业应用价值。



1. 一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于,所述高磁导率、低磁损的复合材料为FeAlSi/羰基铁复合材料,且其中羰基铁的含量为4wt%,FeAlSi中Fe的含量为85wt%、Si的含量为9.6wt%、Al的含量5.4wt%;

所述高磁导率、低磁损的复合材料的制备方法包括以下步骤:

(1) 金属粉制备:按照质量比将85wt%铁粉、9.6wt%硅粉和5.4wt%的铝粉混合后高温熔炼后,机械研磨,得合金粉末备用;

(2) 原料钝化:选取浓度为85%的磷酸溶液和乙醇混合后水浴搅拌,再加入上述合金粉末继续搅拌,后再置于200℃的烘箱中烘干,后过100目筛,得钝化原料;

(3) 复合材料制备:将羰基铁与上述钝化原料混合后加入脱模剂,再次混合均匀置于模具中于1800MPa压强下压制成环,后取出,真空退火,得复合材料。

2. 根据权利要求1所述的一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于:所述步骤(1)中机械研磨所得的合金粉末的粒径平均为50 $\mu$ m。

3. 根据权利要求1所述的一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于:所述步骤(2)中磷酸溶液、乙醇、混合金属粉的混合质量比为0.1:7.5:50。

4. 根据权利要求1所述的一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于:所述步骤(2)中水浴搅拌的温度为80℃,搅拌时间为30min,且加入混合金属粉继续搅拌的时间为30min。

5. 根据权利要求1所述的一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于:所述步骤(3)中加入的脱模剂为硬脂酸锌,且脱模剂的加入量为钝化原料质量的0.5%。

6. 根据权利要求1所述的一种高磁导率、低磁损的复合材料,其特征在于:所述步骤(3)中真空退火的方式为先以3-4℃/min升温至660℃,后保温2h,再随炉降温。

## 一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及软磁复合材料加工技术领域,具体涉及一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法。

### 背景技术

[0002] 软磁复合材料由于其优异的性能,包括高磁导率和低磁芯损耗,被广泛应用于磁性器件。随着电力电子设备小型化和高频化的发展,磁性器件也在向高频、大功率、低功耗和良好的电磁兼容性方向发展。

[0003] 高磁导率可以增加器件的应用范围,低损耗可以消耗更少的能量,同时避免损耗和发热导致的复合材料性能下降,满足绿色电子产品的需求。磁损耗是磁滞损耗、涡流损耗和剩余损耗的总和。

[0004] 现有文件已经公开了许多关于使用不同材料在铁磁金属颗粒之间形成绝缘层以减少复合材料中涡流损耗的方法;其中玻璃被用作绝缘剂,以减少涡流损耗;虽然添加绝缘材料可以降低涡流损耗,但绝缘材料的引入会导致磁导率和饱和磁化强度降低,这对软磁复合材料的磁性有害。

[0005] 为了获得高磁导率、低磁损耗的软磁材料,本文报道了一种FeAlSi/羰基铁复合材料。随着羰基铁含量的增加,样品的磁导率增大,但样品的磁损耗先减小后增大。当含量为4%时,样品的磁损耗最低,磁导率高,具有很高的实际应用价值。

### 发明内容

[0006] 针对现有技术不足,本发明提供一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法,得到一种高磁导率、低磁损的FeAlSi/羰基铁复合材料,具有很高的实际应用价值。

[0007] 为实现以上目的,本发明的技术方案通过以下技术方案予以实现:

[0008] 一种高磁导率、低磁损耗的FeAlSi/羰基铁复合材料,其制备方法包括以下步骤:

[0009] (1) 金属粉制备:按照质量比将85wt%铁粉、9.6wt%硅粉和5.4wt%的铝粉混合后高温熔炼后,机械研磨,得合金粉末备用;

[0010] (2) 原料钝化:选取浓度为85%的磷酸溶液和乙醇混合后水浴搅拌,再加入上述混合金属粉继续搅拌,后再置于200℃的烘箱中烘干,过100目筛,得钝化原料;

[0011] (3) 复合材料制备:将羰基铁与上述钝化原料混合后加入脱模剂,再次混合均匀置于模具中于1800MPa压强下压制成环,后取出,真空退火,得复合材料。

[0012] 优选的,所述步骤(1)中机械研磨所得的合金粉末的粒径平均为50 $\mu$ m。

[0013] 优选的,所述步骤(2)中磷酸溶液、乙醇、混合金属粉的混合质量比为0.1:7.5:50。

[0014] 优选的,所述步骤(2)中水浴搅拌的温度为80℃,搅拌时间为30min,且加入混合金属粉继续搅拌的时间为30min。

[0015] 优选的,所述步骤(3)中加入的脱模剂为硬脂酸锌,且脱模剂的加入量为钝化原料质量的0.5%。

[0016] 优选的,所述步骤(3)中真空退火的方式为先以3-4℃/min升温至660℃,后保温2h,再随炉降温。

[0017] 本发明提供一种高磁导率、低磁损的复合材料及其制备方法,与现有技术相比优点在于:

[0018] 本发明中羰基铁颗粒的存在增强了FeAlSi之间的磁耦合,导致磁导率增加,磁滞损耗降低,同时羰基铁本身的磁滞损耗大于FeAlSi,当含量为4%时,样品的磁损耗最低,磁导率高,在大功率电气系统中具有很高的商业应用价值。

#### 附图说明:

[0019] 图1:为本发明未添加羰基铁的FeAlSi电镜扫描图;

[0020] 图2:为本发明添加4wt%羰基铁的FeAlSi电镜扫描图;

[0021] 图3:为本发明在10kHz条件下测量的不同含量的羰基铁所得复合材料的 $\mu_a$ 对H的数据;

#### 具体实施方式

[0022] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面结合本发明实施例对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0023] 实施例1:

[0024] 一种高磁导率、低磁损耗的FeAlSi/羰基铁复合材料,其制备方法包括以下步骤:

[0025] (1) 金属粉制备:按照质量比将85wt%铁粉、9.6wt%硅粉和5.4wt%的铝粉混合后高温熔炼后,机械研磨至粒径平均为50 $\mu\text{m}$ ,得合金粉末备用;

[0026] (2) 原料钝化:选取浓度为85%的磷酸溶液和乙醇混合后80℃水浴搅拌30min,再加入上述混合金属粉继续搅拌30min,其中磷酸溶液、乙醇、混合金属粉的混合质量比为0.1:7.5:50,后再置于200℃的烘箱中烘干,过100目筛,得钝化原料;

[0027] (3) 复合材料制备:将羰基铁与上述钝化原料混合后加入钝化原料质量0.5%的硬脂酸锌,再次混合均匀置于模具中于1800MPa压强下压制成环,后取出先以3-4℃/min升温至660℃,后保温2h,再随炉降温真空退火,得复合材料备用。

[0028] 实施例2:

[0029] 根据上述实施例1所述的制备方法,分别加入0%和4%的羰基铁,制备FeAlSi/羰基铁复合材料粉末,后进行电镜扫描,结果如图1和图2所示;

[0030] 由图1和图2可知,混合粉末中的粒子是不规则的,与传统的球形颗粒相比,它易于成型,并获得气隙更小、磁导率更高的压缩芯。

[0031] 实施例3:

[0032] 检测0%、2%、4%的羰基铁制备的FeAlSi/羰基铁复合材料的磁导率,结果如图3所示;

[0033] 由图3可知,当羰基铁含量为4%时FeAlSi/羰基铁复合材料的磁导率最高。

[0034] 实施例4:

[0035] 检测0%、2%、4%、6%、8%的羰基铁制备的FeAlSi/羰基铁复合材料在不同测试环境中的磁损耗,结果如下表所示:

羰基铁含量 (wt%)	测试环境		磁损耗
	磁通密度	试验频率	
0	50mT	50kHz	124.25
	100mT	100kHz	505.95
2	50mT	50kHz	120.1
	100mT	100kHz	493.25
4	50mT	50kHz	118
	100mT	100kHz	490.2
6	50mT	50kHz	120.05
	100mT	100kHz	505.3
8	50mT	50kHz	122.6
	100mT	100kHz	517.55

[0036] 从上表可以看出,当羰基铁含量为4%时,样品的磁滞损耗最低。

[0037] 综上所述,通过研究不同羰基铁含量的FeAlSi/羰基铁软磁复合材料的特性,发现随着羰基铁含量的增加,样品的磁导率增大,样品的磁损耗先减小后增大。羰基铁颗粒的存在增强了FeAlSi之间的磁耦合,导致磁导率增加,磁滞损耗降低,同时羰基铁本身的磁滞损耗大于FeAlSi。当含量为4%时,样品的磁损耗最低,磁导率高,在大功率电气系统中具有很高的商业应用价值。

[0038] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

[0039] 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案,而非对其限制;尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明,本领域的普通技术人员应当理解:其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改,或者对其中部分技术特征进行等同替换;而这些修改或者替换,并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

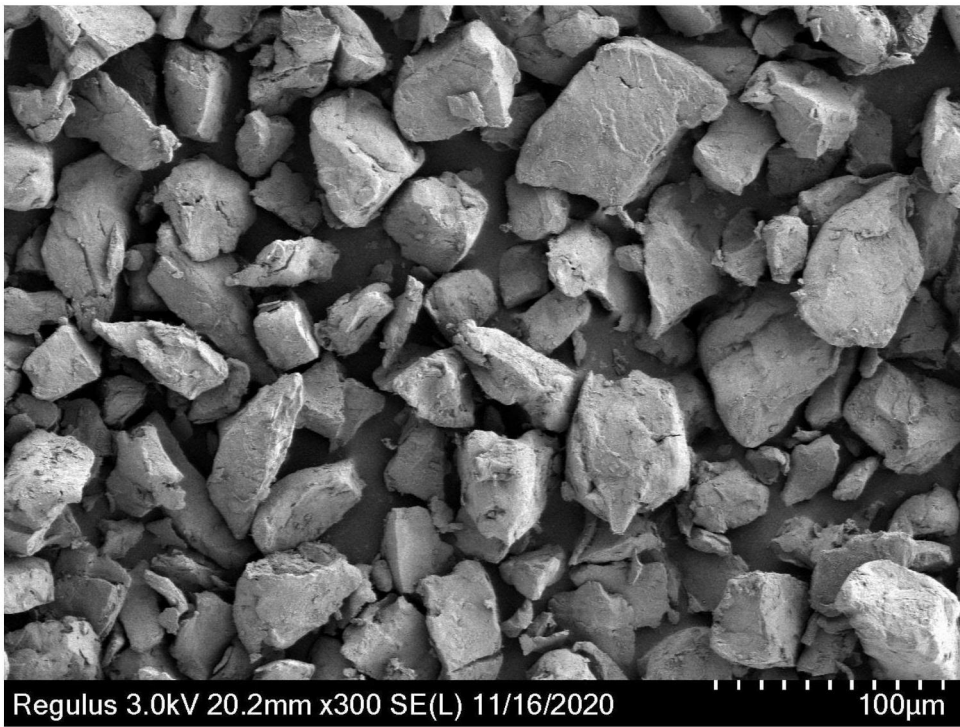


图1

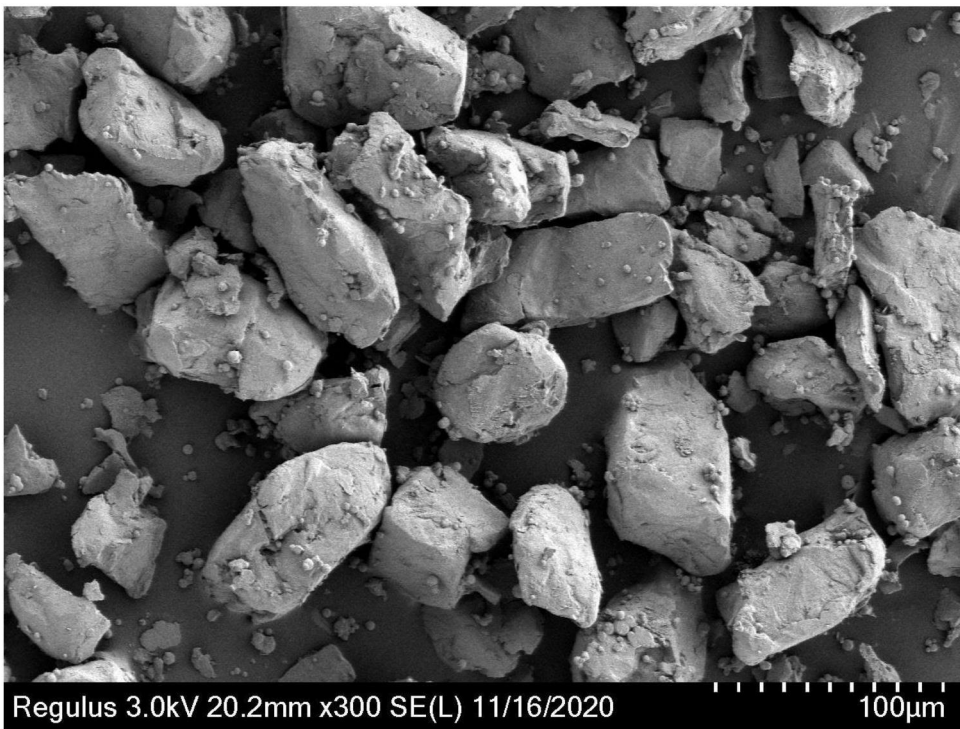


图2

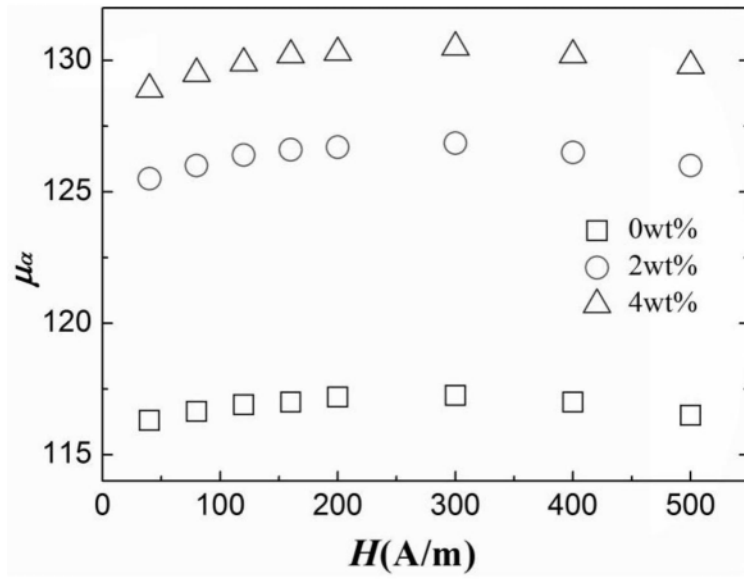


图3