



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113223844 B

(45) 授权公告日 2022. 10. 21

(21) 申请号 202110450103.8
 (22) 申请日 2021.04.25
 (65) 同一申请的已公布的文献号
 申请公布号 CN 113223844 A
 (43) 申请公布日 2021.08.06
 (73) 专利权人 宁波中科毕普拉斯新材料科技有限公司
 地址 315201 浙江省宁波市镇海区庄市街道中官西路1818号4号楼
 (72) 发明人 郭海 霍利山 马丽 黄嘉翔
 (74) 专利代理机构 上海申新律师事务所 31272
 专利代理师 俞涤炯
 (51) Int. Cl.
 H01F 41/02 (2006.01)
 H01F 1/33 (2006.01)

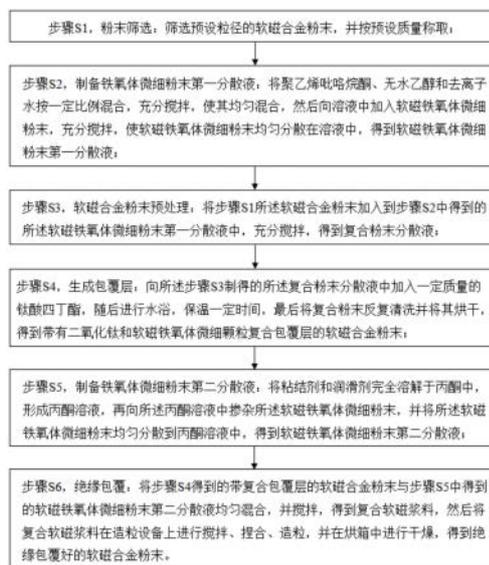
(56) 对比文件
 CN 109786100 A, 2019.05.21
 CN 103426580 A, 2013.12.04
 US 2016125987 A1, 2016.05.05
 CN 103151134 A, 2013.06.12
 CN 108101114 A, 2018.06.01
 CN 103959405 A, 2014.07.30
 审查员 祁少杰

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54) 发明名称
 一种粉末包覆方法

(57) 摘要

本发明公开了一种粉末包覆方法,包括:步骤S1,筛选软磁合金粉末;步骤S2,将软磁铁氧体微细粉末均匀分散到聚乙烯吡咯烷酮的乙醇溶液中,得到第一分散液;步骤S3,将软磁合金粉末加入第一分散液中进行预处理;步骤S4,向复合粉末分散液中加入钛酸四丁酯,保温水浴,生成复合包覆层;步骤S5,将粘结剂和润滑剂溶于丙酮中,再将铁氧体微细粉末均匀分散到溶液中,得到第二分散液;步骤S6,将包覆好的软磁合金粉末均匀混合到第二分散液,造粒、干燥。本发明的有益效果在于:在二氧化钛包覆层和粘结剂中掺杂适量的软磁铁氧体微细粉末,提高了压制成型的磁性部件的磁导率,同时具有较低的高频损耗。



1. 一种粉末包覆方法,其特征在于,包括:

步骤S1,粉末筛选:筛选预设粒径的软磁合金粉末,并按预设质量称取;

步骤S2,制备铁氧体微细粉末第一分散液:将聚乙烯吡咯烷酮、无水乙醇和去离子水按一定比例混合,充分搅拌,使其均匀混合,然后向溶液中加入软磁铁氧体微细粉末,充分搅拌,使软磁铁氧体微细粉末均匀分散在溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第一分散液;

步骤S3,软磁合金粉末预处理:将步骤S1得到的所述软磁合金粉末加入到步骤S2中得到的所述软磁铁氧体微细粉末第一分散液中,充分搅拌,得到复合粉末分散液;

步骤S4,生成包覆层:向所述步骤S3制得的所述复合粉末分散液中加入一定质量的钛酸四丁酯,随后进行水浴,保温一定时间,最后将复合粉末反复清洗并将其烘干,得到带有二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层的软磁合金粉末;

步骤S5,制备铁氧体微细粉末第二分散液:将粘结剂和润滑剂完全溶解于丙酮中,形成丙酮溶液,再向所述丙酮溶液中掺杂所述软磁铁氧体微细粉末,并将所述软磁铁氧体微细粉末均匀分散到丙酮溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第二分散液;

步骤S6,绝缘包覆:将步骤S4得到的带复合包覆层的软磁合金粉末与步骤S5中得到的软磁铁氧体微细粉末第二分散液均匀混合,并搅拌,得到复合软磁浆料,然后将复合软磁浆料在造粒设备上搅拌、捏合、造粒,并在烘箱中进行干燥,得到绝缘包覆好的软磁合金粉末。

2. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S1中,所述软磁合金粉末为非晶软磁合金粉末、纳米晶软磁合金粉末、铁硅铝合金粉末、铁硅铬合金粉末、铁硅合金粉末、铁硅镍合金粉末、铁硅铝镍合金粉末、铁镍合金粉末、铁镍铝合金粉末、羰基铁粉中的至少一种。

3. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S1中,所述软磁合金粉末的粒径小于 $100\mu\text{m}$ 。

4. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S2中,所述软磁铁氧体微细粉末的质量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-3%;

所述聚乙烯吡咯烷酮的含量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%。

5. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S2和所述步骤S5中,所述软磁铁氧体微细粉末的粒径均小于 $1\mu\text{m}$ 。

6. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S4中,所述钛酸四丁酯的含量为所述软磁合金粉末预设质量的10%-30%。

7. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S5中,所述软磁铁氧体微细粉末的质量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%。

8. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S5中,所述粘结剂的含量为步骤S4中所得到的带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的1%-5%;

所述润滑剂的含量为所述带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的0.5%-1%。

9. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S4中,采用水浴锅进行水浴;

水浴温度为 $30-70^{\circ}\text{C}$,并以一预设的速度搅拌1-12h。

10. 根据权利要求1所述的一种粉末包覆方法,其特征在于,所述步骤S6中,在真空烘箱

中进行干燥；

设定温度为50-100℃,干燥时间为1h以上。

一种粉末包覆方法

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性材料领域,尤其涉及一种粉末包覆方法。

背景技术

[0002] 在非晶纳米晶磁粉芯的制备过程中,绝缘包覆层性能是影响磁粉芯高频损耗的重要因素。绝缘包覆主要是为了减少电荷集中在磁粉颗粒的表面的现象,以避免在高频磁场下磁粉颗粒的内部产生涡流电流,使得磁粉颗粒之间导通(视为短路),导致磁粉颗粒间的涡流损耗急剧增加,电感的功率损耗较大,甚至发热至烧毁电路。

[0003] 现有的绝缘包覆技术主要分为有机绝缘包覆和无机绝缘包覆。在有机绝缘包覆中,通过环氧树脂、酚醛树脂、有机硅树脂等有机绝缘包覆剂作为粘接剂,使粉末压制后的电感器件具有要求的形状尺寸和强度,有机包覆剂的粘接性能好,但其耐热性差,难以消除磁芯内应力,限制了磁粉芯的热处理温度。而在无机绝缘包覆过程中,主要采用电阻率高的矿物粉、硅酸盐和种类繁多的氧化物作为无机包覆剂,由于其热处理温度高、电阻率高、成本低等优点被广泛用于绝缘包覆磁粉芯,无机包覆剂虽然绝缘效果较好,但由于绝缘包覆层为非磁性物质,降低了磁粉芯的磁导率和磁通密度。

[0004] 在无机绝缘包覆的现有技术应用过程中,最简单且应用最多的方法是磷化处理,例如在先申请CN110181036A和CN104078180B等专利文件中公开了将磷酸溶解于易挥发的有机溶剂中(例如丙酮、酒精等),再将软磁粉末与磷酸溶液混合,产生磷化反应,在软磁粉末的表面形成磷化膜,对软磁粉末进行钝化处理,随后加入绝缘剂、粘结剂来进行粉末绝缘包覆。由于磷酸溶液是一种强酸溶液,若磷酸的加入剂量过少,磷化反应不充分,会导致包覆层不完整、不均匀,电感的电阻率降低;若磷酸的加入剂量过多,会导致电感磁导率降低、损耗增加等不良后果。因此针对以上问题,迫切需要设计出一种粉末包覆方法,以满足实际使用的需要。

发明内容

[0005] 针对现有技术中存在的上述问题,现提供一种粉末包覆方法,能够制备出高磁导率、低涡流损耗的粉末材料。

[0006] 具体技术方案如下所示:

[0007] 一种粉末包覆方法,利用化学反应的方法在软磁合金粉末颗粒外形成致密、均匀的二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层,并且将铁氧体微细颗粒均匀掺入到粘结剂中。包括:

[0008] 步骤S1,粉末筛选:筛选预设粒径的软磁合金粉末,并按预设质量称取;

[0009] 步骤S2,制备铁氧体微细粉末第一分散液:将聚乙烯吡咯烷酮、无水乙醇和去离子水按一定比例混合,充分搅拌,使其均匀混合,然后向溶液中加入软磁铁氧体微细粉末,充分搅拌,使软磁铁氧体微细粉末均匀分散在溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第一分散液;

[0010] 步骤S3,软磁合金粉末预处理:将步骤S1所述软磁合金粉末加入到步骤S2中得到

的所述软磁铁氧体微细粉末第一分散液中,充分搅拌,得到复合粉末分散液;

[0011] 步骤S4,生成包覆层:向所述步骤S3制得的所述复合粉末分散液中加入一定质量的钛酸四丁酯,随后进行水浴,保温一定时间,最后将复合粉末反复清洗并将其烘干,得到带有二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层的软磁合金粉末;

[0012] 步骤S5,制备铁氧体微细粉末第二分散液:将粘结剂和润滑剂完全溶解于丙酮中,形成丙酮溶液,再向所述丙酮溶液中掺杂所述软磁铁氧体微细粉末,并将所述软磁铁氧体微细粉末均匀分散到丙酮溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第二分散液;

[0013] 步骤S6,绝缘包覆:将步骤S4得到的带复合包覆层的软磁合金粉末与步骤S5中得到的软磁铁氧体微细粉末第二分散液均匀混合,并搅拌,得到复合软磁浆料,然后将复合软磁浆料在造粒设备上搅拌、捏合、造粒,并在烘箱中进行干燥,得到绝缘包覆好的软磁合金粉末。

[0014] 优选地,所述步骤S1中,所述软磁合金粉末为非晶软磁合金粉末、纳米晶软磁合金粉末、铁硅铝合金粉末、铁硅铬合金粉末、铁硅合金粉末、铁硅镍合金粉末、铁硅铝镍合金粉末、铁镍合金粉末、铁镍铝合金粉末、羰基铁粉中的至少一种。

[0015] 优选地,所述步骤S1中,所述软磁合金粉末的粒径小于 $100\mu\text{m}$ 。

[0016] 优选地,所述步骤S2中,所述软磁铁氧体微细粉末的质量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-3%;

[0017] 所述聚乙烯吡咯烷酮的含量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%。

[0018] 优选地,所述步骤S2和所述步骤S5中,所述软磁铁氧体微细粉末的粒径均小于 $1\mu\text{m}$ 。

[0019] 优选地,所述步骤S4中,所述钛酸四丁酯的含量为所述软磁合金粉末预设质量的10%-30%。

[0020] 优选地,所述步骤S5中,所述软磁铁氧体微细粉末的质量为所述软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%。

[0021] 优选地,所述步骤S5中,所述粘结剂的含量为步骤S4中所得到的带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的1%-5%;

[0022] 所述润滑剂的含量为所述带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的0.5%-1%。

[0023] 优选地,所述步骤S4中,采用水浴锅进行水浴;

[0024] 水浴温度为 $30-70^{\circ}\text{C}$,并以一预设的速度搅拌1-12h。

[0025] 优选地,所述步骤S6中,在真空烘箱中进行干燥;

[0026] 设定温度为 $50-100^{\circ}\text{C}$,干燥时间为1h以上。

[0027] 本发明利用化学反应的方法在软磁合金粉末颗粒外形成致密、均匀的二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层,并且将铁氧体微细颗粒均匀掺入到粘结剂中。本技术方案的有益效果在于:

[0028] 首先,软磁铁氧体电阻率较高,能够有效减小涡流损耗,从而降低铁损,同时软磁铁氧体具有较高的高频磁导率,与现有的软磁合金粉末绝缘包覆技术相比,本技术方案显著提高了软磁合金粉末所压制成型的磁性部件的高频磁导率,同时还使其保持了较低的高频损耗,使其后端磁性部件和电感等器件具有更为优异的综合性能;

[0029] 第二,因为本技术方案避免了对粉粒的腐蚀,故制备得到的绝缘包覆层具有更好

的均匀性和致密性,而且复合包覆层为稳定的二氧化钛和铁氧体材料,这使得由此制备成的磁性部件和电感等器件具有更高的抗电击穿性能和更好的稳定性。

附图说明

[0030] 图1是本发明中,一种粉末包覆方法的流程示意图。

[0031] 图2是本发明中,利用软磁粉末压制成型的磁环部件的粉末微观结构示意图。

[0032] 附图标示:1、软磁合金粉末颗粒;2、软磁铁氧体微细颗粒;3、复合包覆层;4、粘结剂。

具体实施方式

[0033] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅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的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。

[0034] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0035] 下面结合附图和具体实施例对本发明作进一步说明,但不作为本发明的限定。

[0036] 本发明提供一种粉末包覆方法,属于磁性材料领域,如图1所示,包括以下步骤:

[0037] 步骤S1、粉末筛选:通过超声波振动筛来筛选预设粒径的软磁合金粉末,并按预设质量称取,优选的,软磁合金粉末粒径小于100 μm ;

[0038] 步骤S2、制备铁氧体微细粉末第一分散液:称取聚乙烯吡咯烷酮,聚乙烯吡咯烷酮为软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%,称取软磁铁氧体微细粉末,软磁铁氧体微细粉末为软磁合金粉末预设质量的0.5%-3%,将聚乙烯吡咯烷酮、无水乙醇和去离子水按一定比例混合,充分搅拌,使其均匀混合,然后向溶液中加入软磁铁氧体微细粉末,充分搅拌,使软磁铁氧体微细粉末均匀分散在溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第一分散液;

[0039] 步骤S3、软磁合金粉末预处理:将步骤S1所述软磁合金粉末加入到步骤S2中得到的所述软磁铁氧体微细粉末第一分散液中,充分搅拌,得到复合粉末分散液;

[0040] 步骤S4、生成包覆层:向所述步骤S3制得的所述复合粉末分散液中加入一定质量的钛酸四丁酯,随后通过水浴锅进行水浴,水浴温度为30-70 $^{\circ}\text{C}$,并以一预设的恒定速度搅拌1-12h,保温一定时间,最后将复合粉末反复清洗并将其烘干,得到带有二氧化钛和软磁铁氧体微细粉末复合包覆层的软磁合金粉末;

[0041] 步骤S5、制备铁氧体微细粉末第二分散液:称取粘结剂和润滑剂,粘结剂为步骤S4中所得到的带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的1%-5%,润滑剂为带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的0.5%-1%,再次称取软磁铁氧体微细粉末,软磁铁氧体微细粉末为软磁合金粉末预设质量的0.5%-5%,将粘结剂和润滑剂完全溶解于丙酮中,形成丙酮溶液,再向所述丙酮溶液中掺杂所述软磁铁氧体微细粉末,并将所述软磁铁氧体微细粉末均匀分散到丙酮溶液中,得到软磁铁氧体微细粉末第二分散液;

[0042] 步骤S6、绝缘包覆:将步骤S4得到的带复合包覆层的软磁合金粉末与步骤S5中得到的软磁铁氧体微细粉末第二分散液均匀混合,并搅拌,得到复合软磁浆料,然后将复合软

磁浆料在造粒设备上搅拌、捏合、造粒,并在真空烘箱中进行干燥,设定温度为50-100℃,干燥时间超过1h,即可得到绝缘包覆好的软磁合金粉末。

[0043] 本发明摒弃了现有技术中通用的磷化处理方式,而是利用化学反应的方法在软磁合金粉末颗粒外形成致密、均匀的二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层,并且将铁氧体微细颗粒均匀掺入到粘结剂中,以提高软磁合金粉末压制成型后的磁性部件的磁导率。

[0044] 实施例一:

[0045] 本实施例中的软磁合金粉末选用Fe-Si-B-C-Cr非晶软磁合金粉末,粒径为5-15 μ m,其中值粒径D50约为10 μ m;铁氧体微细粉末采用Mn-Zn软磁铁氧体粉末,中值粒径D50约为750nm;绝缘包覆方法包括以下步骤:

[0046] 步骤S1、粉末筛选:通过超声波振动筛来筛选合适粒径的软磁合金粉末,并按预设质量称取;

[0047] 步骤S2、制备铁氧体微细粉末第一分散液:分别按步骤S1中软磁合金粉末预设质量的2%称取聚乙烯吡咯烷酮、按步骤S1中软磁合金粉末预设质量的2%称取Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,将聚乙烯吡咯烷酮、无水乙醇和去离子水充分搅拌混合,然后向溶液中加入Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,在室温下充分搅拌1h,使Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末均匀分散在溶液中,得到Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末第一分散液;

[0048] 步骤S3、软磁合金粉末预处理:将步骤S1所述软磁合金粉末加入到步骤S2中得到的所述软磁铁氧体微细粉末第一分散液中,充分搅拌,得到复合粉末分散液;

[0049] 步骤S4、生成包覆层:按软磁合金粉末预设质量的25%称取钛酸四丁酯,将钛酸四丁酯加入混合溶液中,然后放入水浴锅中,水浴温度为40℃,并以恒定速度搅拌,搅拌时间为3h,保温0.5h,最后将复合粉末反复清洗并将其烘干,得到带有二氧化钛和Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末复合包覆层的软磁合金粉末;

[0050] 步骤S5、制备铁氧体微细粉末第二分散液:分别按照步骤S4中制得的带有复合包覆层的软磁合金粉末总质量的3%、0.8%称取粘结剂和润滑剂,将粘结剂和润滑剂完全溶解于丙酮中,形成丙酮溶液,按步骤S1中软磁合金粉末预设质量的2%再次称取Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,向丙酮溶液中掺杂所述Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,室温下充分搅拌1h,使Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末均匀分散到丙酮溶液中,得到Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末第二分散液;

[0051] 步骤S6、绝缘包覆:将步骤S4得到的带复合包覆层的软磁合金粉末与步骤S5得到的Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末第二分散液均匀混合,搅拌后得到复合软磁浆料,然后将复合软磁浆料在造粒设备上搅拌、捏合、造粒,并在真空烘箱中干燥,设定温度为80℃,干燥1h以上,将干燥后的粉未经超声波振动筛,筛选出粒径在-80目至+200目的粉末,即得到绝缘包覆好的Fe-Si-B-C-Cr软磁合金粉末材料。

[0052] 利用本实施例中绝缘包覆好的Fe-Si-B-C-Cr软磁合金粉末制备磁性部件,然后进行性能测试,具体步骤如下:

[0053] 步骤A1,称取上述制备的软磁合金粉末材料,软磁合金粉末材料质量为3g,将称取的软磁合金粉末材料置于一环形模具中,进行冷压压制,形成磁环坯料,优选的,环形模具的外径为20mm、内径为12mm;冷压压制过程中施加超声波振动,振动频率为20KHz,保压压力

为 $6\text{t}/\text{cm}^2$,保压时间60s,脱模得到磁环坯料;

[0054] 步骤A2,将磁环坯料置于真空烘箱中,温度为 180°C ,保温时间为2h,等待磁环坯料冷却至常温后取出,得到固化的磁环部件。如图2所示,图2为上述磁环部件内部粉末的微观结构示意图,利用化学反应的方法在软磁合金粉末颗粒1外形成致密、均匀的二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒2的复合包覆层3,并且在粘结剂4中均匀掺入软磁铁氧体微细颗粒2,以达到提高磁环部件磁导率的目的。

[0055] 步骤A3,主要磁性能测试:将步骤A2中制得的固化的磁环部件绕15匝漆包铜线,通过阻抗分析仪测试其电感量,测试条件为1MHz,并根据电感量计算得到磁导率 μ' ;通过B-H分析仪测试其损耗值,测试条件为1MHz/20mT。

[0056] 表1实施例一及对比例一、对比例二制得的磁环部件的性能参数

	S2 中加入铁氧体 含量 (wt%)	S5 中加入铁氧体 含量 (wt%)	磁导率 μ' @1MHz	Pcv @1MHz/20mT (kW/m ³)
[0057] 实施例一	2	2	29	798
对比例一	2	0	25	811
对比例二	0	0	22	835

[0058] 上述表1中,1表示对应的步骤中加入Mn-Zn铁氧体,且添加量为步骤S1中软磁合金粉末预设质量的2%;0表示对应的步骤中不添加Mn-Zn铁氧体。

[0059] 本实施例制备得到的绝缘包覆好的Fe-Si-B-C-Cr软磁合金粉末制备磁性部件时,通过阻抗分析仪测得在1MHz条件下磁导率 μ' 为29;通过B-H分析仪测得在1MHz/20mT条件下损耗Pcv为 $798\text{kW}/\text{m}^3$ 。

[0060] 对比例一中采用与实施例一相同的制备工艺和参数,区别仅在于步骤S5中不添加Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,对比例一最终制备得到的磁环部件的磁导率 μ' 为25;损耗Pcv为 $811\text{kW}/\text{m}^3$ 。

[0061] 对比例二中采用与实施例一相同的制备工艺和参数,区别在于在整个制备工艺中不添加Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,对比例二最终制备得到的磁环部件的磁导率 μ' 为22;损耗Pcv为 $835\text{kW}/\text{m}^3$ 。

[0062] 实施例二:

[0063] 本实施例中的软磁合金粉末为Fe-Si-B-Cu-Nb纳米晶软磁合金粉末,粒径为3-20 μm ,其中值粒径D50约为 $12\mu\text{m}$;铁氧体微细粉末采用Mn-Zn软磁铁氧体粉末,中值粒径D50约为750nm。

[0064] 本实施例中得到绝缘包覆的软磁合金粉末制备工艺及磁环坯料制备工艺和参数与实施例一相同,区别在于纳米晶软磁合金粉的组成不同,粒径不同,磁环部件参数如表2所示。

[0065] 表2实施例二及对比例三、对比例四制得的磁环部件的性能参数

	S2 中加入铁 氧体量 (wt%)	S5 中加入铁 氧体含量 (wt%)	磁导率 μ' @1MHz	Pcv @1MHz/20mT (kW/m ³)
[0066] 实施例二	2	2	36	455
对比例三	2	0	32	464
对比例四	0	0	28	480

[0067] 本实施例制备得到的绝缘包覆好的Fe-Si-B-Cu-Nb软磁合金粉末制备磁性部件时,通过阻抗分析仪测得在1MHz条件下磁导率 μ' 为36;通过B-H分析仪测得在1MHz/20mT条件下损耗Pcv为455kW/m³。

[0068] 对比例三中得到绝缘包覆的软磁合金粉末制备工艺及磁环坯料制备工艺和参数与实施例二相同,区别在于仅在步骤S4中去除Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,最终制备得到的磁环部件在相同测试条件下的磁导率 μ' 为32;通过B-H分析仪测得在1MHz/20mT条件下损耗Pcv为464kW/m³。

[0069] 对比例四中得到绝缘包覆的软磁合金粉末制备工艺及磁环坯料制备工艺和参数与实施例二相同,区别在于在整个制备工艺中不添加Mn-Zn软磁铁氧体微细粉末,最终制备得到的磁环部件的磁导率 μ' 为28;通过B-H分析仪测得在1MHz/20mT条件下损耗Pcv为480kW/m³。

[0070] 从上述表1及表2可知:在软磁合金粉末颗粒外形成致密、均匀的二氧化钛和软磁铁氧体微细颗粒复合包覆层,并且将铁氧体微细颗粒均匀掺入到粘结剂中,一方面能有效的阻断铁磁颗粒间的涡流通路并能较好的耦合铁磁颗粒间的磁场,有效减小涡流损耗,从而降低铁损;另一方面铁氧体具有较高的高频磁导率,软磁粉末压制成型的磁性部件的磁导率提升至30%以上,同时还保持了较低的高频损耗,极有利于电感器件的高频化和小型化。

[0071] 以上所述仅为本发明较佳的实施例,并非因此限制本发明的实施方式及保护范围,对于本领域技术人员而言,应当能够意识到凡运用本发明说明书及图示内容所作出的等同替换和显而易见的变化所得到的方案,均应当包含在本发明的保护范围内。

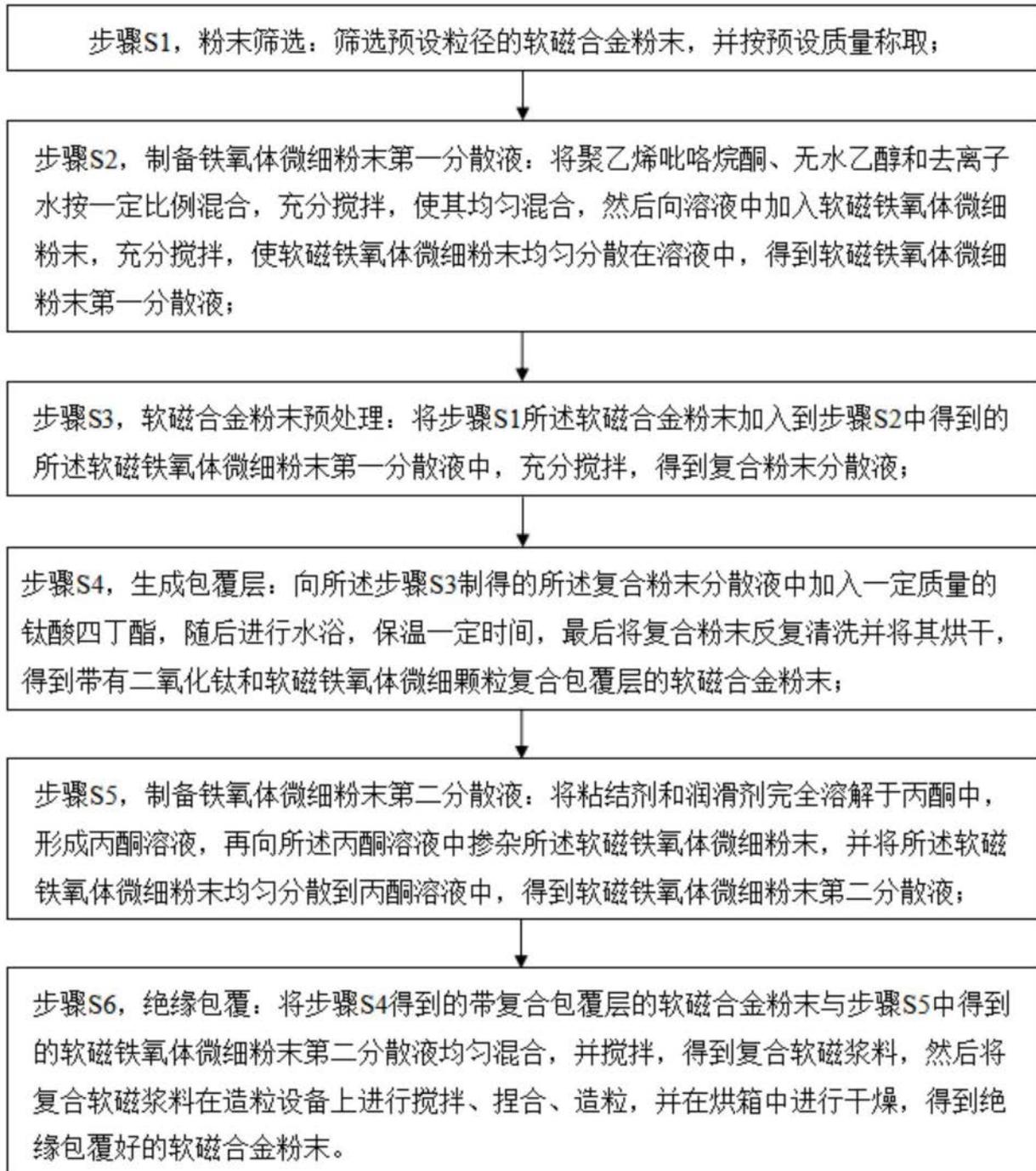


图1

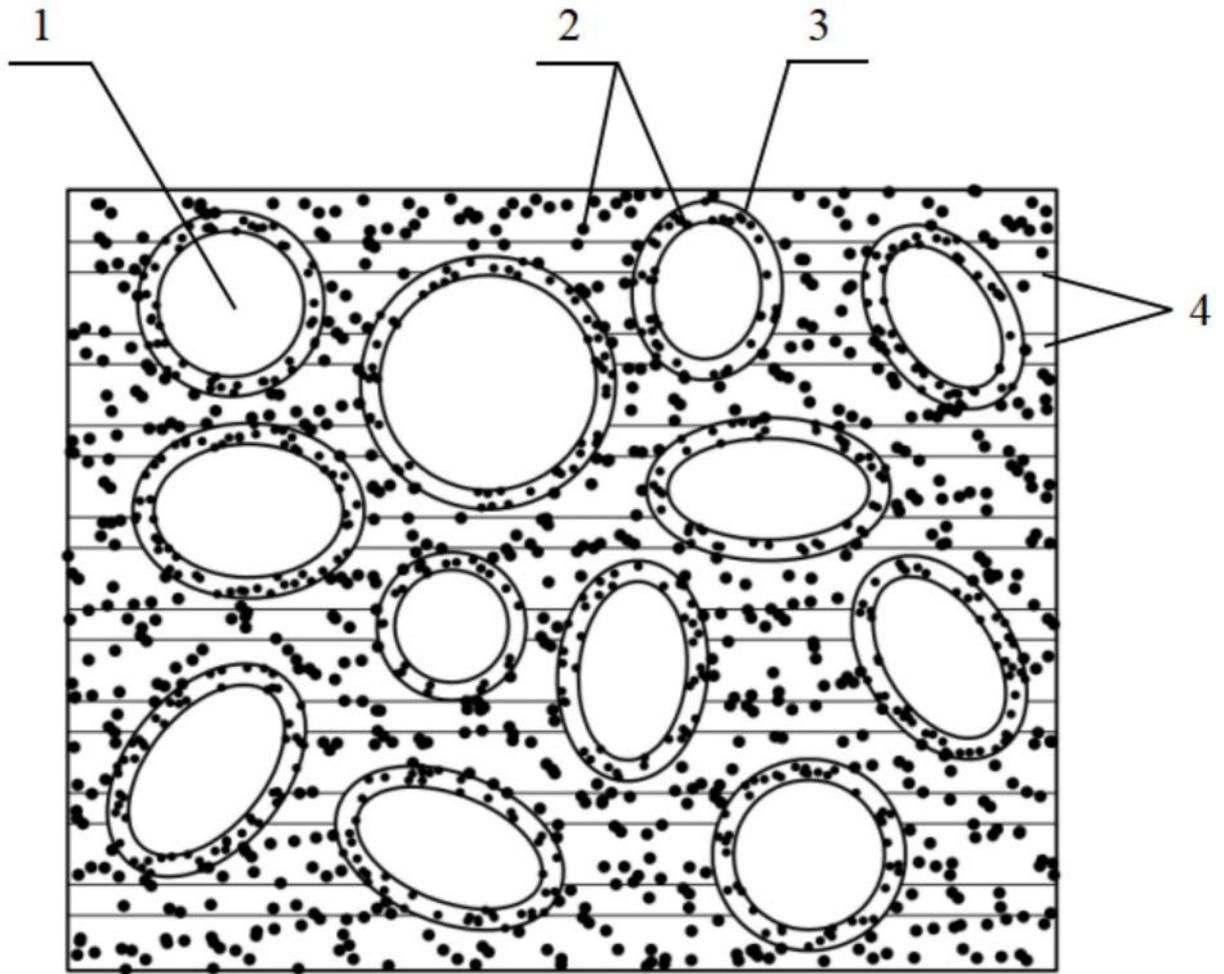


图2