



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108698124 B

(45) 授权公告日 2021.08.27

(21) 申请号 201780012234.X

(22) 申请日 2017.01.31

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 108698124 A

(43) 申请公布日 2018.10.23

(30) 优先权数据  
16153676.8 2016.02.01 EP

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2018.08.20

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/EP2017/052006 2017.01.31

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02017/134039 EN 2017.08.10

(73) 专利权人 霍加纳斯股份有限公司  
地址 瑞典霍加纳斯

(72) 发明人 A-C·赫尔森 叶舟

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所  
11247  
代理人 唐秀玲 林柏楠

(51) Int.Cl.  
B22F 1/00 (2006.01)  
B22F 1/02 (2006.01)  
G22C 33/02 (2006.01)

审查员 董琼

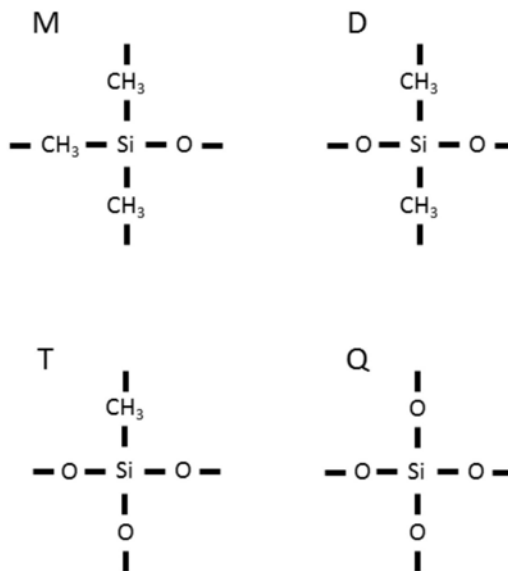
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

新组合物和方法

(57) 摘要

本发明涉及适于软磁应用如电感器芯的复合铁基粉末混合物。本发明还涉及制造软磁组件的方法和由该方法制造的组件。



1. 铁基粉末组合物, 包含以下组分的混合物:

(a) 涂覆有第一磷层的雾化铁颗粒, 其进一步涂覆有硅酸盐层, 其中硅酸盐层包含水溶性碱性硅酸盐和粘土颗粒, 硅酸盐层中水溶性碱性硅酸盐的含量为铁基粉末组合物的0.1-0.9重量%, 硅酸盐层中粘土颗粒的含量为铁基粉末组合物的0.2-5重量%;

(b) 涂覆有磷层的铁合金颗粒, 铁合金颗粒由7重量%至13重量%的硅、4重量%至7重量%的铝、余量铁组成; 和

(c) 铁基粉末组合物的0.3-1.5重量%的有机硅树脂。

2. 根据权利要求1所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中水溶性碱性硅酸盐的含量为铁基粉末组合物的0.2-0.8重量%, 和/或硅酸盐层中粘土颗粒的含量为铁基粉末组合物的0.5-4重量%。

3. 根据权利要求1所述的铁基粉末组合物, 还包含润滑剂。

4. 根据权利要求2所述的铁基粉末组合物, 还包含润滑剂。

5. 根据权利要求1-4中任一项所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂含有50-100%的苯基取代基。

6. 根据权利要求5所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂含有75-100%的苯基取代基。

7. 根据权利要求6所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂含有100%的苯基取代基。

8. 根据权利要求1-4和6-7中任一项所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂中羟基、甲氧基和乙氧基官能团的总含量在2重量%以上。

9. 根据权利要求8所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂中羟基、甲氧基和乙氧基官能团的总含量在5重量%以上。

10. 根据权利要求9所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂中羟基、甲氧基和乙氧基官能团的总含量在7重量%以上。

11. 根据权利要求1-4、6-7和9-10中任一项所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂的熔点在45°C以上。

12. 根据权利要求11所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂的熔点在55°C以上。

13. 根据权利要求12所述的铁基粉末组合物, 其中有机硅树脂的熔点在65°C以上。

14. 根据权利要求1-4、6-7、9-10和12-13中任一项所述的铁基粉末组合物, 其中粘土颗粒包含一种或多种页硅酸盐, 其中50重量%或更多是页硅酸盐高岭石。

15. 根据权利要求1-4、6-7、9-10和12-13中任一项所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在3.0 $\mu\text{m}$ 以下。

16. 根据权利要求14所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在3.0 $\mu\text{m}$ 以下。

17. 根据权利要求15所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在2.0 $\mu\text{m}$ 以下。

18. 根据权利要求17所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在0.4 $\mu\text{m}$ 以下。

19. 根据权利要求16所述的铁基粉末组合物, 其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在2.0 $\mu\text{m}$ 以下。

20. 根据权利要求19所述的铁基粉末组合物,其中硅酸盐层中粘土颗粒的平均粒度在 $0.4\mu\text{m}$ 以下。

21. 生产压制和热处理组件的方法,包括以下步骤:

- a) 提供根据权利要求1-20中任一项所述的铁基粉末组合物,
- b) 压制铁基粉末组合物,任选与润滑剂混合,在模具中以400至1200MPa的压制压力进行单轴压制运动,任选模具具有升高的温度,
- c) 从模具中脱出压制组件,
- d) 在非还原性气氛中,在至多 $800^{\circ}\text{C}$ 的温度下对脱模的组件进行热处理。

22. 根据权利要求21所述的方法生产的组件。

23. 根据权利要求22所述的组件,所述组件是电感器芯。

24. 根据权利要求23所述的电感器芯,其电阻率 $\rho$ 在 $10000\mu\Omega\text{m}$ 以上;初始相对微分磁导率在80以上;在20kHz的频率下,铁耗小于 $12\text{W/kg}$ ;感应密度为 $0.05\text{T}$ 。

25. 根据权利要求24所述的电感器芯,其电阻率 $\rho$ 在 $20000\mu\Omega\text{m}$ 以上;和/或初始相对微分磁导率在90以上。

26. 根据权利要求24所述的电感器芯,其电阻率 $\rho$ 在 $30000\mu\Omega\text{m}$ 以上;和/或初始相对微分磁导率在100以上。

## 新组合物和方法

### 发明领域

[0001] 本发明涉及可用于制备软磁组件的软磁复合粉末材料,以及使用这种软磁复合粉末得到的软磁组件。

### 背景技术

[0002] 软磁材料用于各种应用,例如电感器中的芯材,用于电机的定子和转子,起动器,传感器和变压器芯。传统上,软磁芯,例如电机中的转子和定子,由堆叠钢层压板制成。软磁复合物也可以基于软磁颗粒,通常是铁基的,在每个颗粒上具有电绝缘涂层。通过压制绝缘颗粒,获得软磁组件。使用粉末形式的这种磁性颗粒使得可以生产可以承载三维磁通量的软磁组件,与使用传统的钢层压板相比,可以在设计中实现更高的自由度。

[0003] 本发明涉及一种铁基软磁复合粉末,其芯颗粒涂有精心选择的涂层,通过压制粉末然后进行热处理,使材料性能适合于生产电感器。

[0004] 电感器或电抗器是无源电子组件,其可以通过所述组件的电流产生的磁场的形式存储能量。

[0005] 磁导率不仅取决于承载磁通量的材料,还取决于施加的电场和其频率。在技术系统中,最大相对磁导率通常指在变化电场的的一个循环期间测量的最大相对磁导率。

[0006] 电感器芯可以用在电力电子系统中,用于过滤不需要的信号如各种谐波。为了有效地工作,用于这种应用的电感器芯应具有低的最大相对磁导率,这意味着相对磁导率相对于所施加的电场具有更线性的特性,即稳定的微分磁导率 $\mu_{\Delta}$ (根据 $\Delta B = \mu_{\Delta} * \Delta H$ 定义)和高饱和通量密度。这使得电感器能够在更宽的电流范围内更有效地工作,这也可以表示为电感器具有“良好的DC偏压”。DC偏压可以表示为在指定施加电场如在4000A/m下的最大微分磁导率的百分数。进一步低的最大相对磁导率和稳定的微分磁导率与高饱和通量密度相结合使得电感器能够承载更高的电流,这在尺寸是限制因素时尤其有益,因此可以使用更小的电感器。

[0007] 为了改进软磁组件的性能,一个重要的参数是降低其铁耗特性。当磁性材料暴露于变化的场时,由于磁滞损失和涡流损失而发生能量损失。磁滞损失与交变磁场的频率成比例,而涡流损失与频率的平方成比例。因此,在高频时,涡流损失最重要,并且降低涡流损失并仍然保持低水平的磁滞损失尤其重要。这意味着希望增加磁芯的电阻率。

[0008] 在寻求改进电阻率的方法中,已经使用和提出了不同的方法。一种方法基于在粉末颗粒经受压制之前在这些颗粒上提供电绝缘涂层或膜。因此,有许多专利出版物教导了不同类型的电绝缘涂层。关于无机涂层的公开专利的实例是US6,309,748,US6,348,265和US6,562,458。有机材料涂层从例如US5,595,609已知。包含无机和有机材料的涂层可从例如US6,372,348和5,063,011以及DE3,439,397已知,根据该出版物,颗粒被磷酸铁层和热塑性材料包围。EP1246209B1描述了一种铁磁金属基粉末,其中金属基粉末的表面涂覆有由有机硅树脂和具有层状结构的粘土矿物(例如膨润土或滑石)的细颗粒组成的涂层。

[0009] US6,756,118B2涉及一种软磁粉末金属复合物,其包含至少两种包封粉末金属颗

粒的氧化物,所述至少两种氧化物形成至少一种共同相。

[0010] 为了获得高性能的软磁复合组件,还必须能够使电绝缘粉末在高压下进行压缩成型,因为通常希望获得具有高密度的部件。高密度通常会改进磁性。需要特别高的密度以便将磁滞损失保持在低水平并获得高饱和通量密度。另外,当压制组件从模具中脱出时,电绝缘必须承受所需的压制压力而不会被损坏。这反过来意味着脱模力不能太高。

[0011] 此外,为了减少磁滞损失,需要对压制部件进行应力释放热处理。为了获得有效的应力释放,热处理应优选在300℃以上的温度和绝缘涂层将被损坏的温度以下,在例如氮气、氩气或空气的气氛中,或在真空中进行。

[0012] 鉴于需要主要用于较高频率的粉末芯,即2kHz以上,特别是5-100kHz的频率,本发明已经完成,其中较高的电阻率和较低的铁耗是必要的。优选地,饱和通量密度应足够高以用于芯尺寸减小。另外,应该可以生产芯而不必使用模具壁润滑和/或升高的温度来压制金属粉末。优选地,应该消除这些步骤。

## 发明内容

[0013] 本发明的一个目的是提供一种新的铁基复合粉末,其包含铁基粉末的芯,其表面涂有新的复合电绝缘涂层。新的铁基复合粉末特别适用于生产电力电子电感器芯。由这种材料制成的芯具有高机械强度,高电阻率,低铁耗,高微分磁导率和饱和通量密度。

[0014] 本发明的另一个目的是提供一种制造这种电感器芯的方法。

[0015] 在一个实施方案中,铁基粉末组合物包含或含有芯颗粒,所述芯颗粒是雾化铁颗粒和磷涂覆的铁合金颗粒,例如铁硅铝磁合金颗粒。雾化铁颗粒和铁硅铝磁合金颗粒分别涂覆第一磷层。磷涂覆的雾化铁颗粒进一步涂覆有硅酸盐层,从而为铁颗粒提供硅酸盐涂层。然后将硅酸盐涂覆的铁颗粒和磷涂覆的铁合金颗粒与有机硅树脂混合。任选地,可以添加润滑剂。

[0016] 特别地,根据第一方面,本发明涉及一种铁基粉末组合物,其包含以下物质的混合物:(a) 磷涂覆的雾化铁颗粒,其进一步涂覆有硅酸盐层;(b) 磷涂覆的铁合金颗粒如铁硅铝磁合金,由7重量%至13重量%的硅,4重量%至7重量%的铝,余量铁组成;(c) 有机硅树脂。铁基粉末组合物中雾化铁颗粒与铁合金颗粒的比可在90/10至50/50之间变化,优选在80/20至60/40之间变化。

[0017] 在一个实施方案中,铁基粉末组合物包含(a)和(b)或由(a)和(b)组成:(a) 雾化铁颗粒,(b) 由硅、铝和铁的混合物组成的铁合金颗粒;且涂覆的颗粒(a)和(b)进一步与(c)粉末状有机硅树脂混合。雾化铁颗粒(a)涂有磷层,然后涂覆硅酸盐层;铁合金颗粒(b)涂有磷层。(a)上的硅酸盐层含有与含有页硅酸盐的粘土矿物组合的碱性硅酸盐,其中组合的硅-氧四面体层和氢氧化物八面体层优选是电中性的,例如高岭石。

[0018] 另外,根据第二方面,本发明提供了一种用于制造压制和热处理的组件如电感器芯的方法,该方法包括以下步骤:

[0019] a) 提供根据本发明第一方面的涂覆铁基粉末组合物;

[0020] b) 在400至1200MPa的压制压力下,在模具中以单轴压力运动压制涂覆的铁和铁硅铝磁合金粉末混合物,任选地与润滑剂混合;

[0021] c) 从模具中脱模出压制组件;

[0022] d) 在高达800°C的温度下对脱模的组件进行热处理。

[0023] 在步骤b)的优选实施方案中,模具处于升高的温度,优选地,其中在步骤b)中,模具温度在25至80°C之间。

[0024] 此外,本发明提供了一种通过上述方法制造的电磁组件,例如电感器芯。

[0025] 与许多其中需要低铁耗的使用和提出的方法相比,本发明的一个特殊优点是粉末组合物中不必使用任何有机粘合剂,该粉末组合物随后在压制步骤中压制。因此,生坯的热处理可以在较高的温度下进行,而没有任何有机粘合剂分解的风险;较高的热处理温度也会改进通量密度并降低铁耗。在最终的热处理芯中不存在有机材料还允许芯在具有升高的温度的环境中使用而不会由于有机粘合剂的软化和分解而降低强度的风险,因此实现了改进的温度稳定性。

[0026] 发明详述

## 附图说明

[0027] 图1不同硅树脂子单元的示意图。

[0028] 在整个文本中,术语“层”和“涂层”可以互换使用。

[0029] 本发明提供一种铁基粉末组合物,其包含以下物质的混合物:

[0030] (a) 磷涂覆的雾化铁颗粒,其进一步涂覆有硅酸盐层;

[0031] (b) 磷涂覆的铁合金颗粒,铁合金颗粒由7%至13重量%的硅,4%至7重量%的铝,余量铁组成;和

[0032] (c) 有机硅树脂。

[0033] 铁颗粒可以是具有低含量污染物如碳或氧的纯铁粉末形式。铁含量优选在99.0重量%以上,但也可以使用与例如硅合金化的铁粉。对于纯铁粉或对于与有意添加的合金元素合金化的铁基粉末,粉末除了铁和可能存在的合金元素外还可含有由生产方法引起的不可避免的杂质产生的痕量元素。痕量元素以很小的量存在,以至于它们不会(或只是轻微地)影响材料的性质。痕量元素的实例可以是至多0.1%的碳,至多0.3%的氧,至多0.3%的硫和磷以及至多0.3%的锰。

[0034] 铁颗粒可以是水雾化的或气体雾化的。雾化铁的方法在文献中是已知的。

[0035] 铁基粉末中芯颗粒的平均粒度由预期用途决定,即该组分适合的频率。使用Sympatec HELOS (Sympatec, Germany) 根据SIS标准SS-ISO13320-1 (2000年9月22日) 使用激光衍射测量粒度。由于涂层非常薄,芯颗粒的平均粒度约等于涂覆粉末的平均尺寸,并且平均粒度可以在20至300 $\mu\text{m}$ 之间。合适的铁基粉末的平均粒度的实例是例如20-80 $\mu\text{m}$ ,所谓的200目粉末,70-130 $\mu\text{m}$ ,100目粉末或130-250 $\mu\text{m}$ ,40目粉末。

[0036] 铁基粉末组合物中雾化铁颗粒与铁合金颗粒的重量比可在90/10至50/50之间变化,优选在80/20至60/40之间变化。

[0037] 在一个实施方案中,雾化铁颗粒在涂覆碱性硅酸盐涂层之前涂覆有含磷层,然后与磷涂覆的铁合金颗粒混合。

[0038] 施加到裸铁基粉末上的含磷涂层可以根据US6,348,265中描述的方法施加。这意味着铁或铁基粉末可以与溶解在溶剂如丙酮中的磷酸混合,然后干燥,以获得在粉末上的含磷和氧的薄涂层。加入的溶液的量尤其取决于粉末的粒度;但是,该量应足以获得厚度在

20和300nm之间的涂层。

[0039] 或者,可以通过将铁基粉末与溶解在水中的磷酸铵溶液混合或使用含磷物质和其它溶剂的其它组合来添加含磷薄涂层。所得含磷涂层导致铁基粉末的磷含量增加0.01-0.15%。

[0040] 铁合金颗粒(b)可以基本上由7重量%至13重量%的硅,4重量%至7重量%的铝,余量铁组成,其余为杂质。这种粉末在本领域中称为铁硅铝磁合金。通常,基于重量,铁硅铝磁合金基本上含有84-86%的Fe,9-10%的Si和5-6%的Al。

[0041] 在一个实施方案中,硅酸盐层可包含水溶性碱性硅酸盐和粘土的颗粒。硅酸盐层通常包含碱性硅酸盐与含有页硅酸盐的粘土矿物的组合。通过将粉末与粘土颗粒,或含有限定页硅酸盐的粘土混合物和水溶性碱性硅酸盐(通常称为水玻璃)混合,然后是在20-250℃之间的温度,任选在真空中的干燥步骤,将硅酸盐涂层施加到磷涂覆的铁基粉末上。

[0042] 通常,水玻璃的特征在于它的比,即 $\text{SiO}_2$ 的量除以 $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 或 $\text{Li}_2\text{O}$ 的量,作为摩尔或重量比。水溶性碱性硅酸盐的摩尔比应为1.5-4,包括两个端点。如果摩尔比低于1.5,则溶液变得太碱性,如果摩尔比高于4,则 $\text{SiO}_2$ 会沉淀。

[0043] 页硅酸盐构成硅酸盐类型,其中硅四面体以具有式 $(\text{Si}_2\text{O}_5^{2-})_n$ 的层的形式彼此连接。这些层与至少一个八面体氢氧化物层组合,形成组合结构。八面体层可以例如包含氢氧化铝或氢氧化镁或其组合。硅四面体层中的硅可以部分地被其他原子取代。这些组合层状结构可以是电中性的或带电的,取决于存在的原子。

[0044] 已经注意到,为了实现本发明的目的,页硅酸盐的类型是至关重要的。因此,页硅酸盐应为具有组合的硅四面体和氢氧化物八面体层的不带电或电中性层的类型。这种页硅酸盐的实例是存在于粘土高岭石中的高岭土,存在于千枚岩中的叶蜡石(pyrophyllite),或含镁的矿物滑石。

[0045] 在一个优选的实施方案中,50重量%或更多是页硅酸盐高岭土。

[0046] 含有限定页硅酸盐的粘土的平均粒度应为0.1 $\mu\text{m}$ 至3.0 $\mu\text{m}$ ,或优选0.1 $\mu\text{m}$ 至2.5 $\mu\text{m}$ ,或更优选0.1 $\mu\text{m}$ 至2.0 $\mu\text{m}$ ,或甚至更优选0.1 $\mu\text{m}$ 至0.4 $\mu\text{m}$ ,或0.1 $\mu\text{m}$ 至0.3 $\mu\text{m}$ 。最优选地,粘土粒度为0.25 $\mu\text{m}$ 。通过分析离心分析限定粘土颗粒的粒度。

[0047] 与涂覆铁基粉末混合的含有限定页硅酸盐的粘土的量可以是涂覆的复合铁基粉末的重量的0.2-5%,优选0.5-4%,即基于总铁基粉末组合物的重量。

[0048] 与涂覆的铁基粉末混合的碱性硅酸盐(以固体碱性硅酸盐计算)的量应为涂覆的复合铁基粉末的0.1-0.9重量%,优选为铁基粉末的0.2-0.8重量%,即基于总铁基粉末组合物的重量。已经表明,可以使用各种类型的水溶性碱性硅酸盐,因此可以使用钠、钾和锂硅酸盐。

[0049] 随后将磷和碱性硅酸盐涂覆的雾化铁颗粒和磷涂覆的铁硅铝磁合金颗粒与粉末状有机硅树脂混合。有机硅树脂的加入量可为总混合物的0.3-1.5重量%,优选0.4-1.0重量%。

[0050] 有机硅树脂可含有50-100%的苯基取代基,优选75-100%,最优选100%的苯基取代基。

[0051] 有机硅树脂是含有Si-O-Si连接骨架的聚合化合物,其中硅原子具有一个或多个有机取代基。有机硅的结构单元可以相应地分类为:

- [0052] 单官能单元(M)含有三个有机取代基,最通常的是甲基。
- [0053] 双官能单元(D)含有两个取代基;这些可以是醚纯甲基或苯基和甲基的组合,但是,由于空间位阻,它不能单独含有苯基。
- [0054] 三官能单元(T)具有一个有机取代基,这可以是100%苯基取代基。
- [0055] 四官能单元(Q)不含有机取代基;它是四维支化单元。
- [0056] 单官能和双官能单元形成硅流体和链,而三和四官能单元是用于形成有机硅树脂的密集支化三维网络的交联剂。
- [0057] DT树脂是由D和T单元形成的硅树脂。通过烷氧基硅烷的水解然后进行缩合反应以形成聚硅氧烷来制备树脂(US2,383,827和US6,069,220)。在烷氧基硅烷的情况下,烷氧基的水解和缩合反应不能完全完成。这意味着在生产后一部分羟基和烷氧基保留在树脂中。这些树脂的性质受硅原子上有机取代基的类型,有机基团R与Si的比,有机基团的总含量和摩尔质量的影响。交联度,即有机基团的比影响柔韧性和硬度。1左右的比导致硬的、玻璃质树脂,而1.7左右的比产生柔软、柔韧的树脂。
- [0058] 优选的树脂范围从纯甲基取代的有机硅树脂到纯苯基取代的树脂;官能团可以是选自下组的一种或多种:-O,-OH,-CH<sub>3</sub>O,-C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>O。
- [0059] 在一个实施方案中,有机硅树脂含有50-100%的苯基取代基,优选60-100%,75-100%或90-100%,最优选100%的苯基取代基。
- [0060] 在另一个实施方案中,有机硅树脂中羟基、甲氧基和乙氧基官能团的总含量在2重量%以上,优选在5重量%以上,最优选在7重量%以上
- [0061] 在本发明的另一个实施方案中,有机硅树脂的熔点在45°C以上,优选在55°C以上,最优选在65°C以上。
- [0062] 如上所述的铁基粉末组合物可进一步包含润滑剂。合适的润滑剂可以是有机润滑剂如蜡、低聚物或聚合物、脂肪酸基衍生物或其组合。合适的润滑剂的实例是EBS,即乙烯双硬脂酰胺,可从瑞典 **Höganäs** AB获得的 **Kenolube®**,金属硬脂酸盐如硬脂酸锌或脂肪酸或其其它衍生物。润滑剂的加入量可为总混合物的0.05-1.5重量%,优选0.1-1.2重量%。
- [0063] 在另一方面,本发明还提供了一种生产压制和热处理组件的方法,包括以下步骤:
- [0064] a) 提供根据本发明的复合铁基粉末组合物,
- [0065] b) 压制复合铁基粉末组合物,任选地与润滑剂混合,在模具中以400至1200MPa的压制压力进行单轴压制运动,任选模具具有升高的温度,
- [0066] c) 从模具中脱出压制组件,
- [0067] d) 在非还原性气氛中,在至多800°C的温度下对脱模的组件进行热处理。
- [0068] 本发明还提供了根据上述方法生产的组件。该组件可以是电感器芯,优选具有在10000以上,优选在20000以上,最优选在30000 $\mu\Omega\text{m}$ 以上的电阻率 $\rho$ ;初始相对微分磁导率大于80,优选大于90,最优选大于100;在20kHz的频率下,铁耗小于12W/kg;感应密度0.05T。
- [0069] 通过根据本发明的材料实现的这种良好的饱和通量密度使得可以减小电感器组件的尺寸并且仍然保持良好的磁性能。
- [0070] 压制和热处理
- [0071] 在压制之前,涂覆的铁基组合物可以与合适的有机润滑剂如蜡、低聚物或聚合物、



脂肪酸基生物或其组合混合。合适的润滑剂的实例是EBS,即乙烯双硬脂酰胺,可从瑞典 **Höganäs** AB获得的 **Kenolube®**, 金属硬脂酸盐如硬脂酸锌或脂肪酸或其其它衍生物。

润滑剂的加入量可为总混合物的0.05-1.5重量%, 优选0.1-1.2重量%。

[0072] 压制可以在环境温度或升高的温度下在400-1200MPa的压制压力下进行。

[0073] 压制后,将压制组件在至多800°C, 优选600-750°C的温度下进行热处理。热处理时合适的气氛的实例是惰性气氛如氮气或氩气或氧化气氛如空气或其混合物。

[0074] 本发明的粉末磁芯是通过加压形成覆盖有电绝缘涂层并与有机硅树脂粉末混合的铁基磁粉而获得的。芯的横向断裂强度(TRS)可高于15MPa, 或优选高于20MPa, 或最优选高于25MPa。芯的特征在于在2-100kHz, 通常5-100kHz的频率范围的低总损失, 在20kHz的频率和0.05T的感应密度下小于12W/kg。此外, 0-1kHz频率范围内的铁耗也应该低, 优选在1kHz的频率和0.5T的感应密度下小于45W/kg。此外, 电阻率 $\rho$ 高于10000, 或优选高于20000 或最优选高于30000 $\mu\Omega\text{m}$ , 初始微分磁导率高于80, 或优选高于90, 或最优选高于100。

## 实施例

[0075] 以下实施例旨在说明具体的实施方案, 不应解释为对本发明范围的限制。

[0076] 实施例1

[0077] 使用铁含量在99.5重量%以上的纯水雾化铁粉作为芯颗粒; 粉末的平均粒度为约45 $\mu\text{m}$ 。用含磷溶液处理铁颗粒, 从而获得磷涂覆的铁颗粒。通过将30ml 85重量%的磷酸溶解在1000ml丙酮中制备涂覆溶液, 每1000克粉末使用40ml-60ml丙酮溶液。在将磷酸溶液与金属粉末混合后, 使混合物干燥。将得到的干燥的磷涂覆的铁粉进一步与根据表1的高岭土(得自KaMin LLC, 822Huber Road, Macon, Ga. 31217, USA) 和硅酸钠(0.4%干重)混合, 然后在120°C下干燥。

[0078] 如上所述用含磷溶液处理铁硅铝磁合金粉(通常为85%Fe, 9.5%Si和5.5%Al)。将磷涂覆的铁硅铝磁合金颗粒和磷和碱金属硅酸盐涂覆的铁颗粒以70/30铁颗粒/铁硅铝磁合金的比混合。将粉末混合物进一步与根据表1的得自德国Wacker Chemie的甲基硅树脂(SILRES MK)和0.5%润滑剂混合, 并在800MPa和60°C下压制内径为45mm, 外径为55mm, 高度为5mm的环, 用于磁测量; 并在800MPa和60°C下压成IE-棒(定义)用于TRS测量。然后将压制组件在700°C, 氮气/氧气气氛(2500ppm  $\text{O}_2$ )中进行热处理方法0.5小时。

[0079] 通过四点测量来测量所得样品的电阻率。通过三点弯曲试验测量压块的横向断裂强度。对于最大磁导率,  $\mu_{\text{max}}$  和矫顽磁性测量, 环绕线100匝为初级电路, 20匝为次级电路, 能够借助磁滞曲线记录仪Brockhaus MPG 200测量磁性能。对于铁耗, 环绕线100匝为“初级电路”, 30匝为次级电路, 借助Walker Scientific Inc. AMH-401POD仪器。

[0080] 当测量微分磁导率时, 环绕有第三匝, 提供DC偏流。

[0081] 除非另有说明, 否则以下实施例中的所有测试均相应地进行。

[0082] 表1

ID	添加剂		组件性能					
	高岭土 [wt%]	硅树脂 [wt%]	TRS [MPa]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	电阻率 [μΩm]	铁耗@ 0.5T & 1kHz [W/kg]	铁耗@ 0,1T & 20kHz [W/kg]	μ(in)@ 10kHz &0A/m
A 对比	0	0.6	30	6.58	9	74.4	1661.0	99
[0083] B 本发明	0.5	0.6	34	6.44	43000	43.3	169.1	89
C 本发明	0.75	0.6	32	6.42	61000	42.8	160.4	87
D 本发明	1	0.6	31	6.39	630000	43.4	174.9	86
E 对比	1	0	21	6.50	23500	40.6	168.0	91
F 本发明	1	0.2	24	6.44	105000	41.8	165.0	89
G 本发明	1	0.4	30	6.42	990000	42.2	164.6	88
H 对比	0	0	40	6.65	3	118.4	n/m	66

[0084] 为了显示高岭土和硅酸钠在第二涂层中的存在的影响以及使用有机硅树脂对压制和热处理组件的性能的影响,根据表1制备样品A-H,表1还显示测试组件的结果。

[0085] 从表1中可以看出,雾化铁与初级磷涂层和由高岭土和硅酸钠组成的第二涂层、带有磷涂层的铁硅铝磁合金的组合和有机硅树脂粉末的添加显著改进了组件强度同时保持高电阻率,从而降低铁耗。有机硅树脂的添加还改进了微分磁导率(将样品H与样品A和E进行比较)

[0086] 实施例2

[0087] 为了说明硅树脂结构的效果,测试了不同的有机硅树脂。将纯甲基有机硅树脂与苯基/甲基树脂和纯苯基树脂进行比较。此外,改变官能团(羟基和乙氧基)的量,参见表2。涂有磷层和含有1%高岭土和0.4%硅酸钠的碱金属硅酸盐层的铁粉与磷涂覆的铁硅铝磁合金混合(70/30铁/铁硅铝磁合金)且然后与根据表2的0.4%有机硅树脂和L2和A-蜡的0.5%润滑剂混合物混合;并在800MPa和60C下压制制成内径为45mm,外径为55mm,高度为5mm的环用于磁测量;并在800MPa和60C压成IE-棒用于TRS测量。然后将压制组件在700°C,氮气/氧气气氛(2500ppm O<sub>2</sub>)中进行热处理方法0.5小时。表2还显示了组件测试的结果。

[0088] 表2

ID	有机硅树脂性能			组件性能					
	平均 熔点 [°C]	官能团 含量 [wt%]	苯基取 代基 [%]	TRS [MPa]	密度 [g/cm <sup>3</sup> ]	电阻率 [μΩm]	铁耗@ 0.5T & 1kHz [W/kg]	铁耗@ 0,2T & 20kHz [W/kg]	μ(in)@ 10kHz &0A/m
[0089] I 本发明	60	8	100	26	6,54	1506250	33,2	145,1	100
J 本发明	75	6	100	24	6,53	1431250	32,7	149,0	98
K 本发明	67,5	7	95	27	6,51	1506250	32,7	148,5	97
L 本发明	67,5	5	95	26	6,52	1475000	32,6	148,6	95
M 本发明	45	4	0	31	6,48	900000	33,2	154,1	93

[0090] 从表2中可以看出,具有高羟基含量的纯苯基有机硅树脂是有益的,因为这导致高微分磁导率和低铁耗。通过将表1的样品G与样品M进行比较,显示出用润滑剂混合物,L2和A-蜡温压的效果。压制芯的密度、磁导率和铁耗均有所改进。

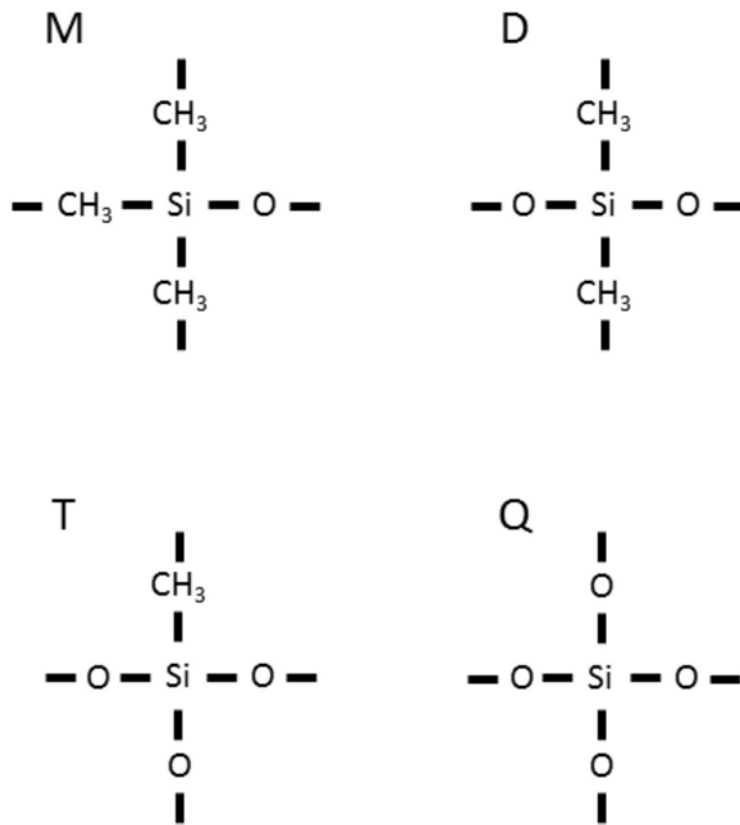


图1