



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102473517 A

(43) 申请公布日 2012. 05. 23

(21) 申请号 201080033369. 2

B22F 1/02 (2006. 01)

(22) 申请日 2010. 07. 08

B22F 3/02 (2006. 01)

(30) 优先权数据

H01F 1/24 (2006. 01)

2009-171879 2009. 07. 23 JP

H01F 27/255 (2006. 01)

(85) PCT申请进入国家阶段日

2012. 01. 21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/JP2010/061615 2010. 07. 08

(87) PCT申请的公布数据

W02011/010561 JA 2011. 01. 27

(71) 申请人 日立粉末冶金株式会社

地址 日本千叶县

(72) 发明人 村松康平 石原千生 谷中雅树

(74) 专利代理机构 北京银龙知识产权代理有限公司

11243

代理人 钟晶 於毓楨

(51) Int. Cl.

H01F 41/02 (2006. 01)

B22F 1/00 (2006. 01)

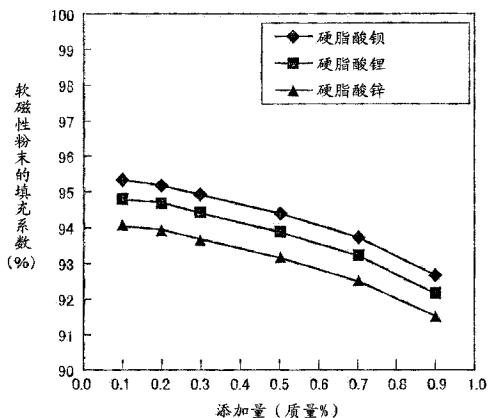
权利要求书 1 页 说明书 9 页 附图 2 页

(54) 发明名称

压粉磁芯及其制造方法

(57) 摘要

在 800MPa 以下的成形压力下将含有软磁性粉末和相对于该软磁性粉末为 0.1 质量%以上的绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物成形为软磁性粉末的填充系数为 93% 以上的压粉体, 可将该压粉体用作压粉磁芯。压粉磁芯的比电阻为 10000 $\mu \Omega \text{ cm}$ 以上。使用硬脂酸钡或硬脂酸锂等的金属皂粉末作为绝缘性粉末润滑剂。



1. 一种压粉磁芯的制造方法,具有:

准备含有软磁性粉末和相对于所述软磁性粉末为 0.1 质量%以上的绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物,

在 800MPa 以下的成形压力下将所述粉末混合物成形为软磁性粉末的填充系数为 93% 以上的压粉体。

2. 如权利要求 1 所述的压粉磁芯的制造方法,所述软磁性粉末包含铁粉末或铁合金粉末,所述绝缘性粉末润滑剂包含金属皂粉末。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的压粉磁芯的制造方法,所述金属皂粉末包含选自由硬脂酸钡和硬脂酸锂所组成的组中的至少一种。

4. 如权利要求 1 ~ 3 中任一项所述的压粉磁芯的制造方法,所述软磁性粉末的表面被无机绝缘覆膜包覆。

5. 如权利要求 1 ~ 4 中任一项所述的压粉磁芯的制造方法,进一步具有对所述压粉体实施伴随 150°C 以下的加热的后处理,所述绝缘性粉末润滑剂是熔点超过所述后处理的温度的金属皂粉末。

6. 如权利要求 1 ~ 5 中任一项所述的压粉磁芯的制造方法,所述绝缘性粉末润滑剂的平均粒径为 45 μm 以下,以相对于软磁性粉末为 0.7 质量%以下的比例添加。

7. 一种压粉磁芯,其具有含有软磁性粉末和相对于所述软磁性粉末为 0.1 ~ 0.7 质量%的绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物的压粉体,所述压粉体中的软磁性粉末的填充系数为 93% 以上,比电阻为 10000 $\mu\ \Omega\ \text{cm}$ 以上。

8. 如权利要求 7 所述的压粉磁芯,所述软磁性粉末为铁粉末或铁合金粉末,且表面被无机绝缘覆膜包覆,所述绝缘性粉末润滑剂的平均粒径为 45 μm 以下,是选自由硬脂酸钡和硬脂酸锂所组成的组中的至少一种的金属皂粉末。

9. 如权利要求 7 或 8 所述的压粉磁芯,其与选自由电抗器、点火线圈、扼流圈和噪声滤波器所组成的组中的电路组合。

压粉磁芯及其制造方法

技术领域

[0001] 本发明涉及在高频领域中,铁损耗、特别是涡电流损耗小,且具有高磁通量密度的压粉磁芯及其制造方法,特别涉及能够提高压粉密度同时避免用于除去成形变形的热处理的压粉磁芯的制造方法。

背景技术

[0002] 将铁等软磁性金属的粉末压缩成形而制作的压粉磁芯与使用电磁钢板等的层叠铁芯相比,制作时的材料成品率好,可以降低材料成本。

[0003] 另外,压粉磁芯由于形状的自由度高,因此通过铁芯形状的最佳设计,能够实现特性提高。进一步,在金属粉末中混合树脂粉末等绝缘物质并使其介于金属粉末间来提高绝缘性,从而能够大幅减少涡电流损耗,能够得到特别是在高频领域中表现出优异特性的铁芯。

[0004] 另一方面,由于压粉磁芯使树脂等绝缘物质介于软磁性粉末间,因此如果磁芯中所占的绝缘物质的量多,则具有每容积的软磁性粉末的量(填充系数(占积率))下降、磁通量密度下降这样的缺点。为了消除该缺点,下述专利文献1中公开了一种在软磁性粉末的表面上形成无机绝缘覆膜来提高软磁性粉末的绝缘性,从而降低树脂粉末的添加量的技术。近年来要求更进一步的磁特性的提高,下述专利文献2中提出了一种进一步降低树脂粉末的添加量的压粉磁芯。

[0005] 为了提高压粉磁芯的磁特性,需要提高磁芯中的软磁性粉末的填充系数,因此要求进行高密度化,进行了在1000MPa以上这样高的压力下将软磁性粉末压缩成形。但是,在高压下进行压缩成形时,压粉磁芯中的残留压缩应力变大,导磁率、磁通量密度降低同时磁滞损耗增大。

[0006] 因此,为了提高压粉磁芯的磁特性,进行在小于烧结温度的温度下实施热处理来缓和压粉成形引起的变形、减小磁滞损耗,专利文献3中公开了将在被无机绝缘覆膜包覆的软磁性金属粉末中添加了少量的有机树脂粘合剂的混合粉末压缩成形,并对所得的压粉体进行热处理的压粉磁芯的制造方法。像这样的为了兼顾压粉磁芯的高磁通量密度和低铁损耗,提出了多种方法。

[0007] 专利文献1:日本特开平9-320830号公报

[0008] 专利文献2:日本特开2004-146804号公报

[0009] 专利文献3:日本特开2005-317937号公报

发明内容

[0010] 如上所述,为了得到具有适宜磁特性的压粉磁芯,需要通过高密度压缩来提高软磁性粉末的填充系数,但提高成形压力时,为了除去因添加的树脂的固化、压缩成形所引起的变形,需要实施热处理。另外,容易产生金属模具的磨耗、破损等加工上的问题。

[0011] 进一步,对压粉磁芯实施用于除去残留应力的热处理时,根据上述专利文献3,为

了适宜地除去应力并减少磁滞损耗,需要进行 500℃ 前后的加热,但高温下的热处理有可能将有机树脂热分解,而且,通常耐热温度比有机树脂高的磷酸盐系无机绝缘覆膜等也有可能结晶化并凝聚,或者与软磁性金属反应。因此,如果为了降低磁滞损耗而在高温下实施热处理,则绝缘物质受损,比电阻显著降低,涡电流损耗增大,铁损耗反而升高。

[0012] 本发明的目的是通过简便的制造方法来提供一种在高磁场、高频领域中具有高磁通量密度和导磁率,同时铁损耗、特别是涡电流损耗小的压粉磁芯。

[0013] 另外,本发明的另一目的在于提供一种即使加上通常作为后工序的、在 100 ~ 150℃ 左右实施的绕线后的树脂涂装或树脂制模等的热量,绝缘也不受损,能够维持高比电阻且不损害磁特性的压粉磁芯。

[0014] 为了解决上述课题,本发明人等进行了深入研究,结果发现了能够代替树脂粉末而形成软磁性粉末间的绝缘的、能够构成在高频领域中能够适宜地使用的压粉磁芯的绝缘原材料,从而完成本发明。

[0015] 根据本发明的一方式,主题是压粉磁芯的制造方法,具有:准备含有软磁性粉末和相对于所述软磁性粉末为 0.1 质量%以上的绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物,在 800MPa 以下的成形压力下将所述粉末混合物成形为软磁性粉末的填充系数为 93% 以上的压粉体。

[0016] 另外,根据本发明的一方式,主题是压粉磁芯,具有含有软磁性粉末和相对于所述软磁性粉末为 0.1 ~ 0.7 质量%的绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物的压粉体,所述压粉体中的软磁性粉末的填充系数为 93% 以上,比电阻为 10000 $\mu \Omega \text{ cm}$ 以上。

[0017] 根据本发明,能够提供一种可抑制压粉磁芯的高密度成形中的应力变形的产生、高频领域中的磁滞损耗小的压粉磁芯,由于无需缓和制造时加热处理所引起的应力变形,因此可得到绝缘不受损、涡电流损耗和铁损耗小的压粉磁芯,即使在高频领域中也表现出适宜的磁特性。

附图说明

[0018] 图 1 是表示粉末润滑剂的添加量与压粉体的软磁性粉末的填充系数的关系的图。

[0019] 图 2 是表示粉末润滑剂的添加量与压粉体的比电阻的关系的图。

[0020] 图 3 是表示粉末润滑剂的平均粒径与压粉体的比电阻的关系的图。

[0021] 图 4 是表示关于 (a) 实施例 4 的试样 1、(b) 试样 2 的压粉体的 B-H 曲线的图。

具体实施方式

[0022] 对由软磁性粉末和树脂粉末构成的压粉磁芯的磁特性与频率的关系进行研究,结果磁滞损耗随着频率升高而增大(例如参照前述专利文献 2、表 1 和图 3)。因此,为了得到在高频领域中表现出良好的磁特性的压粉磁芯,磁滞损耗的减少是重要的,在前述专利文献 3 中,为了减少高密度压缩时产生的应力变形所引起的磁滞损耗,通过实施热处理来缓和应力变形以应对。但是,如果热处理时产生加热引起的树脂的变质或分解,则会导致伴随着绝缘性下降的涡电流损耗和铁损耗的增加。为了防止这种状况,可以考虑利用绝缘性不会因为热处理而下降的耐热性的绝缘原材料粉末,但实际上,难以找到能够充分耐受对应力变形的缓和有效的 500℃ 前后的加热的树脂原材料。因此,对可成为树脂粉末的代替物的绝缘性原材料进行了研究,结果判明,对于特定的原材料,可抑制高频领域中的磁滞损耗的

增加,实质上可以不需要缓和热处理引起的应力变形,能够提供在高频领域表现出良好的磁特性的压粉磁芯。

[0023] 本发明中,利用作为树脂粉末的代替物的绝缘性粉末来构成压粉磁芯,用作代替物的绝缘性粉末是在粉末冶金中用作成形润滑剂的绝缘性的粉末润滑剂。也就是说,本发明的压粉磁芯由通过将软磁性粉末和绝缘性粉末润滑剂的粉末混合物压缩成形而得到的压粉体构成,不需要用于缓和应力变形的热处理。

[0024] 通常,在粉末冶金法的金属粉末的压粉成形中,作为用于提高粉末的压缩性、使从成形模的取出容易进行的成形润滑剂,可使用粉末润滑剂。粉末润滑剂有二硫化钼、云母等陶瓷,石墨等半金属,铜、镍等金属,作为有机酸的金属盐的金属皂(不溶于水的脂肪酸金属盐),酰胺蜡等有机高分子等多种物质;石墨和金属类是导电性的,陶瓷、金属皂和有机高分子是绝缘性的。绝缘性的粉末润滑剂与以往的树脂粉末同样能够形成软磁性粉末的粒子间绝缘,能够使用其代替树脂粉末来制造压粉磁芯。为了适宜地形成绝缘,优选粉体的表面固有电阻为 $1.0 \times 10^{11} \Omega$ 左右以上的粉末润滑剂。另外,就粉末润滑剂而言,由于其润滑性而使加压成形时的应力产生下降,能够提高粉末的压缩性,因此为了高密度地进行成形所需要的成形压力减少,能够抑制应力变形的产生,因此可以不需要用于消除应力变形的热处理。

[0025] 粉末润滑剂根据种类不同,润滑性有所差别,在绝缘性的粉末润滑剂中,作为脂肪酸的金属盐的金属皂粉末在与软磁性粉末混合的状态下表现出特别高的润滑性,提高粉末的压缩性,因此容易进行高密度的成形。另外,由于即使进行高密度成形,应力变形的产生也减小,因此不需要用于消除应力变形的热处理。因此,使用金属皂粉末作为代替树脂粉末的绝缘性粉末时,可以适宜地构成高频领域中的磁滞损耗与使用树脂粉末的情况相比特别小的压粉磁芯。作为构成适宜的金属皂的脂肪酸,例如可举出硬脂酸、12-羟基硬脂酸、蓖麻油酸、山萘酸、褐煤酸、月桂酸、棕榈酸等碳原子数 12 ~ 28 左右的饱和或不饱和脂肪酸类,作为构成金属皂的金属,可举出锂、镁、钙、钡、锌、铝、钠、铯等。抑制应力变形的产生且可高密度成形的压粉体可以构成即使不实施热处理,磁滞损耗也小,在高磁场、高频领域中的磁特性良好的压粉磁芯。为了得到适于高频领域的压粉磁芯,优选适宜选择并在使用在应力变形的抑制容易的 800MPa 以下、优选 700MPa 左右的成形压力下可达到软磁性粉末的填充系数为 93% 以上这样的高压缩性的绝缘性粉末润滑剂。

[0026] 另外,考虑对成形后的压粉磁芯实施树脂制模等之类的伴随加热的后处理时,为了在后处理后能够维持充分的磁特性,优选使用熔点或分解点比后处理温度高,具体约为 150℃ 以上的粉末润滑剂。因此,硬脂酸钡、硬脂酸锂、月桂酸钙、月桂酸钡等熔点为 200℃ 以上的金属皂粉末在绝缘性和耐热性两点上特别优异,即使经过树脂制模等后处理也可得到保持了优异的磁特性的压粉磁芯。特别是硬脂酸钡和硬脂酸锂表现出优异的绝缘性,可以适宜地得到比电阻值为 $20000 \mu \Omega \text{ cm}$ 以上的压粉磁芯。绝缘性粉末润滑剂既可以是单独的物质也可以是混合物,还可以将 1 种或 2 种以上的金属皂粉末组合而使用。绝缘性粉末润滑剂可以含有不可避免的量的杂质,也可以根据需要配合抗氧化剂等添加剂。

[0027] 由于根据绝缘性粉末润滑剂的添加量不同,所得的压粉磁芯中的软磁性粉末的填充系数和比电阻值会变化,因此添加量可考虑软磁性粉末的填充系数和绝缘形成来适宜设定。优选以压粉磁芯的比电阻值为 $10000 \mu \Omega \text{ cm}$ 以上、软磁性粉末的填充系数为 93%

以上的方式来构成,基于这一点,则绝缘性粉末润滑剂的添加量优选相对于软磁性粉末为 0.1 ~ 0.7 质量%,更优选为 0.2 ~ 0.5 质量%。

[0028] 另外,所使用的绝缘性粉末润滑剂的粒径小时,容易在软磁性粉末间均匀地分散而发挥出良好的绝缘性,因此粉末润滑剂的平均粒径优选为 45 μm 以下。使用这样的小粒径的金属皂粉末时,特别是高频领域中的压粉磁芯的涡电流损耗和铁损耗适宜减少。

[0029] 作为软磁性粉末,可使用纯铁,含有 Fe-Si 合金、Fe-Al 合金、坡莫合金、森达斯特铁铝硅 (sendust) 等铁合金的铁系金属的粉末,纯铁粉在磁通量密度高、成形性等方面优异。为了得到适于高频用的高密度压粉磁芯,优选粒径为 1 ~ 300 μm 左右的软磁性粉末。如果使用通过化成处理在表面被磷酸盐等无机绝缘覆膜包覆的软磁性粉末,则由于对于压粉磁芯的涡电流损耗的减少有效,因此优选。关于被无机绝缘覆膜包覆的软磁性粉末,可以按照已知的方法在软磁性粉末的表面上形成绝缘性无机化合物的覆膜而使用,或者购入市售的被绝缘覆膜包覆的软磁性粉末制品而直接使用。例如,依据前述专利文献 1,通过在铁粉末中混合含有磷酸、硼酸和镁的水溶液并进行干燥,可得到在 1kg 铁粉末的表面上形成有 0.7 ~ 11g 左右的无机绝缘覆膜的包覆软磁性粉末。

[0030] 如上所述,准备软磁性粉末和绝缘性粉末润滑剂并均匀地混合,将粉末混合物填充在金属模具内并进行加压压缩,从而将粉末混合物成形为压粉体,该压粉体可以直接用作压粉磁芯。为了在高频领域表现出优异的磁特性,压粉磁芯的软磁性粉末的填充系数优选为 93% 以上,为了这样高密度地进行压缩成形,通常需要 1000MPa 左右的高成形压力。但是,本发明中,由于上述粉末润滑剂的高润滑性,因此粉末混合物的压缩性提高,能够在 600 ~ 800MPa 左右的成形压力下进行上述那样的高密度成形。使用硬脂酸钡、硬脂酸锂作为粉末润滑剂时,700MPa 以下的成形也容易,也可容易地得到软磁性粉末的填充系数为 94 ~ 96% 的压粉体。在 800MPa 以下的成形压力下,能够将加压成形时所产生的应力变形控制在较低的水平,可得到残留的应力变形小的压粉体,因此,利用粉末润滑剂而提高压缩性的粉末混合物可以在较低的成形压力下高密度地压缩成形,且可以降低残留应力。因此,所得的压粉体不需要用于应力缓和的热处理,即可作为压粉磁芯在高磁场、高频领域发挥出良好的磁特性。

[0031] 如上所述,压缩成形为软磁性粉末的填充系数为 93% 以上的压粉体会成为具有高磁通量密度、铁损耗低的压粉磁芯。由于所得的压粉磁芯即使不经过热处理,残留应力变形也小,因此最大导磁率高,即使在高磁场、高频领域的用途中,磁滞损耗也小。因此,可以适宜地用作电抗器 (リアクトル)、点火线圈 (イグニッションコイル) 等的升压电路,扼流圈 (チョークコイル)、噪声滤波器 (ノイズフィルタ) 等高磁场、高频领域中所使用的电路的铁芯用。根据这样的用途来实施绕线、树脂涂装、树脂制模、部件装配等必要的加工处理,从而可作为各种制品提供。

[0032] 实施例 1

[0033] 根据前述专利文献 2,准备在平均粒径为 75 μm 的纯铁粉末的表面上形成有磷酸盐化合物层的绝缘包覆粉末,作为粉末润滑剂,按照表 1 以相对于绝缘包覆粉末为 0.1 ~ 0.9 质量%的比例添加混合平均粒径为 10 μm 的硬脂酸钡粉末、硬脂酸锂粉末或硬脂酸铈中的任一种金属皂粉末。使用各混合粉末,在圆柱形状的成形金属模具中施加 700MPa 的成形压力而进行压缩成形,得到外径 11.3mm、高约 10mm 的圆柱状压粉体。

[0034] 对所得的各个压粉体测定压粉体中的软磁性粉末的填充系数和比电阻。将这些测定结果示于表 1, 将与粉末润滑剂的添加量的关系示于图 1 和图 2 的图。

[0035] 表 1 压粉体中的软磁性粉末的填充系数和比电阻

[0036]

粉末润滑剂 添加量 (质量%)	硬脂酸 Ba		硬脂酸 Li		硬脂酸 Zn	
	填充系数 (%)	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)	填充系数 (%)	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)	填充系数 (%)	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)
0.1	95.3	12800	94.8	10100	94.1	3300
0.2	95.2	19200	94.7	15500	93.9	4000
0.3	95.0	25000	94.4	21100	93.7	4600
0.5	94.4	36400	93.9	30120	93.2	6500
0.7	93.7	43800	93.2	37200	92.5	8500
0.9	92.7	47000	92.2	39800	91.5	8600
粉末润滑剂添加量 0% 时的填充系数: 95.6% 比电阻: 2450 $\mu\Omega\text{cm}$						

[0037] 在成形操作中, 通过添加粉末润滑剂来降低从金属模具中抽出压粉体时的阻力。根据表 1 和图 1 可知, 在 700MPa 的成形压力下能够达到 93% 以上的软磁性粉末的填充系数, 因此通过添加粉末润滑剂, 粉末混合物的压缩性提高。但是, 粉末润滑剂的添加量增加时, 软磁性粉末的填充系数下降, 因此优选 0.7 质量% 以下的添加。添加了硬脂酸钡或硬脂酸锂的粉末混合物与添加了硬脂酸锌的粉末混合物相比, 压缩性高, 且在 0.5 质量% 以下的添加时, 软磁性粉末的填充系数达到 94% 左右以上。

[0038] 另外, 根据图 2, 随着粉末润滑剂的添加量增加, 压粉体的比电阻增加。作为压粉磁芯合适的绝缘性, 以比电阻值 10000 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上为基准时, 在添加硬脂酸钡或硬脂酸锂的情况下, 添加量 0.1 质量% 以上时可形成良好的绝缘, 0.2 质量% 以上时表现出 15000 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上的高比电阻。

[0039] 因此, 由上述结果可知, 添加 0.1 ~ 0.7 质量% 的硬脂酸钡或硬脂酸锂时, 关于绝缘性和高密度压缩, 可得到优异的效果。

[0040] 实施例 2

[0041] 根据前述专利文献 2, 准备在平均粒径为 75 μm 的纯铁粉末的表面上形成有磷酸盐化合物层的绝缘包覆粉末。另外, 作为粉末润滑剂, 如表 2 所示, 准备在 5 ~ 80 μm 范围内的平均粒径不同的硬脂酸钡。

[0042] 作为粉末润滑剂, 以相对于绝缘包覆粉末为 0.3 质量% 的比例添加混合粒径不同的硬脂酸钡粉末一种。使用各混合粉末, 在圆柱形状的成形金属模具中施加 700MPa 的成形压力而进行压缩成形, 得到外径 11.3mm、高约 10mm 的圆柱状压粉体。

[0043] 对所得的各个压粉体测定比电阻。将测定结果示于表 2 和图 3。

[0044] 表 2 压粉体的比电阻

[0045]

成形润滑剂的平均粒径 (μm)	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)
5	28000
15	26500
30	25800
45	24800
60	17800
80	9200

[0046] 根据表 2 和图 3, 粉末润滑剂的粒径增加时, 比电阻值减少。这可认为是由于难以在软磁性粉末间均匀地分散, 因此在局部难以形成绝缘, 比电阻下降。从图 3 可以理解, 为了良好地形成绝缘, 粉末润滑剂的粒径优选为 $45\mu\text{m}$ 以下。

[0047] 实施例 3

[0048] 根据前述专利文献 2, 准备在平均粒径为 $75\mu\text{m}$ 的纯铁粉末的表面上形成有磷酸盐化合物层的绝缘包覆粉末。作为粉末润滑剂, 以相对于绝缘包覆粉末为 0.3 质量%的比例添加混合平均粒径为 $10\mu\text{m}$ 的硬脂酸钡粉末、硬脂酸锂粉末或硬脂酸锌中的任一种金属皂粉末。使用各混合粉末, 在圆柱形状的成形金属模具中施加 700MPa 的成形压力而进行压缩成形, 得到外径 11.3mm、高约 10mm 的圆柱状压粉体。

[0049] 对所得的各个压粉体测定比电阻后, 放置在恒温槽内并在 150°C 加热 30 分钟。对加热后的压粉体再次测定比电阻, 将测定结果示于表 3。

[0050] 表 3 压粉体的比电阻

粉末润滑剂	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)	
	加热前	加热后
[0051] 硬脂酸钡	25000	24700
硬脂酸锂	21100	20600
硬脂酸锌	4600	2740

[0052] 上述 150°C 下的加热是设想的对压粉磁芯实施树脂制模等的后处理。

[0053] 根据表 3, 使用硬脂酸钡 (熔点: 225°C 以上) 或硬脂酸锂 (熔点: 约 220°C) 作为粉末润滑剂时, 加热前后的比电阻的变化小, 加热后也维持了 $20000\mu\Omega\text{cm}$ 以上的高比电阻, 因此压粉磁芯能够充分应对伴随加热的后处理。另一方面, 使用硬脂酸锌 (熔点: 125°C) 时, 加热引起的比电阻的下降大。因此, 为了应对伴随加热的后处理, 选择熔点高于后处理温度的粉末润滑剂是重要的。

[0054] 实施例 4

[0055] 试样 1

[0056] 准备在平均粒径为 $75\mu\text{m}$ 的纯铁粉末的表面上形成有磷酸盐化合物层的绝缘包

覆粉末,作为粉末润滑剂,以相对于绝缘包覆粉末为 0.3 质量%的比例添加混合平均粒径为约 10 μm 的硬脂酸钡粉末,从而制备原料粉末。使用该原料粉末,在圆环形状的成形金属模具中施加 700MPa 的成形压力而进行压缩成形,得到外径 30mm、内径 20mm、高 5mm 的环状的压粉体(试样 1)。

[0057] 试样 2

[0058] 将与试样 1 同样制作的压粉体放置在热处理炉内,在 650 $^{\circ}\text{C}$ 加热 30 分钟。

[0059] 试样 3

[0060] 准备试样 1 所使用的绝缘包覆粉末,以相对于绝缘包覆粉末为 0.3 质量%的比例添加混合粒径为约 20 μm 的热固性聚酰亚胺树脂粉末(KIR 系列, KYOCERA Chemical 公司制),从而制备原料粉末,在内表面上涂布了金属模具润滑剂的圆环形状的成形金属模具中施加 700MPa 的成形压力而进行压缩成形,得到外径 30mm、内径 20mm、高 5mm 的环状的压粉体。

[0061] 试样 4

[0062] 除了将成形压力变更为 980MPa 以外,重复与试样 3 同样的操作,得到环状的压粉体。

[0063] 试样 5

[0064] 将与试样 4 同样制作的压粉体放置在热处理炉内,在 650 $^{\circ}\text{C}$ 加热 30 分钟。

[0065] 磁特性的测定

[0066] 对上述所得的试样 1 ~ 试样 5 的各压粉体测定比电阻。另外,测定在激发磁通量密度 0.4T、频率 2kHz 时的铁损耗、磁滞损耗和涡电流损耗。将这些结果示于表 4。

[0067] 进一步,测定在激发磁通量密度 0.4T、频率 50Hz 或 2kHz 时的导磁率、矫顽力和残留磁通量密度。将结果示于表 5。

[0068] 表 4 压粉体的磁特性

[0069]

试样	热处理	比电阻 ($\mu\Omega\text{cm}$)	铁损耗 (W/kg)	磁滞损耗 (W/kg)	涡电流损耗 (W/kg)
1	-	25000	77	57	20
2	650 $^{\circ}\text{C}$	200	225	38	187
3	-	8000	118	58	60
4	-	6500	136	64	72
5	650 $^{\circ}\text{C}$	180	234	37	196

[0070] 通过加压成形而产生的应力变形使高频领域的磁滞损耗增加,但试样 1 的磁滞损耗较小。从试样 1 的磁滞损耗与实施了热处理的试样 2 的磁滞损耗之差小判明:试样 1 的残留应力变形小,热处理所引起的应力缓和的必要性低。

[0071] 另外,试样 1 中,由于表现出高比电阻的绝缘性而导致涡电流损耗被控制在低水平,但试样 2 中,比电阻减少,涡电流损耗增加。这表示出热处理时粉末润滑剂的热改性或消失所引起的绝缘破坏,可认为软磁性粉末的绝缘覆膜也受损。

[0072] 试样 3 ~ 5 是使用了树脂粉末的以往型的压粉体。另外,由于仅有树脂时,从金属模具中抽出压粉体时的润滑性不够,因此在金属模具内表面上涂布润滑剂而实施压粉成

形。与试样 1 相比,试样 3 的比电阻低,涡电流损耗大。为了提高试样 3 的密度、改善导磁率等而提高了成形压力的试样 4 判明,磁滞损耗增加,高压成形所产生的应力变形大。另外,比电阻的下降和涡电流损耗的增加可认为是由于高压引起树脂的绝缘受损或者是由于软磁性粉末塑性变形导致的绝缘性的下降,树脂被认为润滑性不够。出于应力缓和的目的而实施了热处理的试样 5 中,比电阻显著低,表示树脂的热改性或分解是原因,难以为了在能够避免上述状况的条件下适宜地缓和应力而设定热处理的条件是可理解的。

[0073] 表 5 压粉体的磁特性

[0074]

试样	热处理	导磁率		矫顽力 (A/m)		残留磁通量密度 (T)	
		50Hz	2kHz	50Hz	2kHz	50Hz	2kHz
1	-	332	314	188	235	0.10	0.10
2	650°C	447	278	105	631	0.07	0.24
3	-	270	247	182	413	0.10	0.15
4	-	299	268	189	421	0.10	0.17
5	650°C	451	273	112	627	0.08	0.23

[0075] 试样 1 的压粉体在作为高频的 2kHz 和作为商用频率的 50Hz 的任一中均表现出 300 以上的导磁率,变化少。关于矫顽力和残留磁通量密度,也是在任一频率领域中均为 250A/m 以下、0.01T 以下,可知不管频率领域如何,均表现出稳定的磁特性。另一方面,试样 2 中,50Hz 时的导磁率高,可知热处理引起的应力缓和和对导磁率的提高是有效的。但是,从 2kHz 时的导磁率反而减少可理解,在高频领域,超出应力缓和带来的效果的导磁率的下降显现化,从矫顽力和残留磁通量密度也增加可理解,是成形润滑剂的改性引起的。

[0076] 试样 3 的导磁率低是由于压缩成形时的压力不足引起的密度低,这一点在利用高压成形的试样 4 中应该得以改善,但由于残留应力变形,因此导磁率未被充分改善。试样 5 中,虽然 50Hz 时的导磁率高,但 2kHz 时的导磁率下降,这是与试样 2 同样的理由引起的,因此判明,由于树脂的热改性,高频领域中的矫顽力和残留磁通量密度增大。

[0077] 实施例 5

[0078] 对实施例 4 中所得的试样 1 和试样 2 的压粉体制作磁场 3000A/m、频率 1kHz 时的 B-H 曲线 (磁滞曲线)。将试样 1 的 B-H 曲线示于图 4 的 (a),将试样 2 的 B-H 曲线示于图 4 的 (b)。

[0079] 图 4(a) 中,饱和磁通量密度为 1.05T,残留磁通量密度为 0.18T,矫顽力为 315A/m,铁损耗为 77W/kg。图 4(b) 中,饱和磁通量密度为 0.95T,残留磁通量密度为 0.48T,矫顽力为 680A/m,铁损耗为 225W/kg。

[0080] 由图可知,试样 1 的磁滞曲线在 1~3000A/m 的范围内曲线的斜率 (即导磁率) 的变化小,意味着在低磁场与高磁场中导磁率之差小。另一方面,试样 2 中,在 1000A/m 以下的低磁场中的曲线的斜率 (导磁率) 高,但在 1000A/m 以上的高磁场中,磁通量密度饱和,导磁率降低。

[0081] 工业实用性

[0082] 提供在高频领域表现出良好的磁特性的压粉磁芯,在用作电抗器、点火线圈等的

升压电路,扼流圈、噪声滤波器等高磁场、高频领域中所使用的电路的铁芯时发挥出优异的性能,对高频用各种制品的性能提高做出贡献,同时还能够应对在电气安装部件、汽车用或一般产业用电机铁芯等的商用频率~中频领域中的使用,能够供给通用性高的制品。

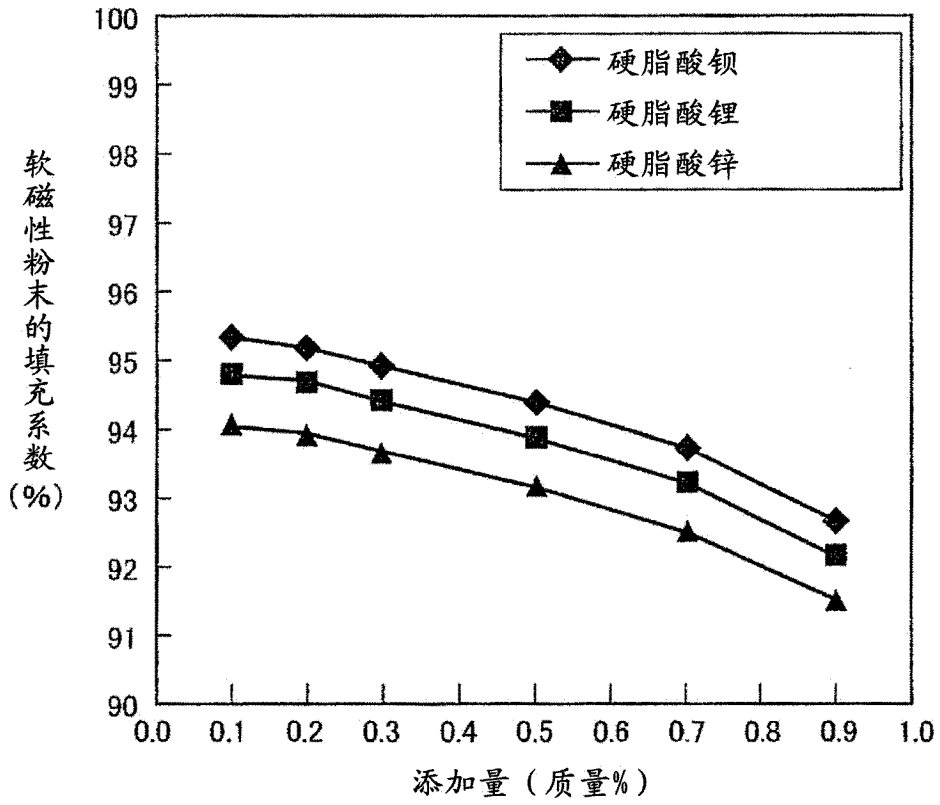


图 1

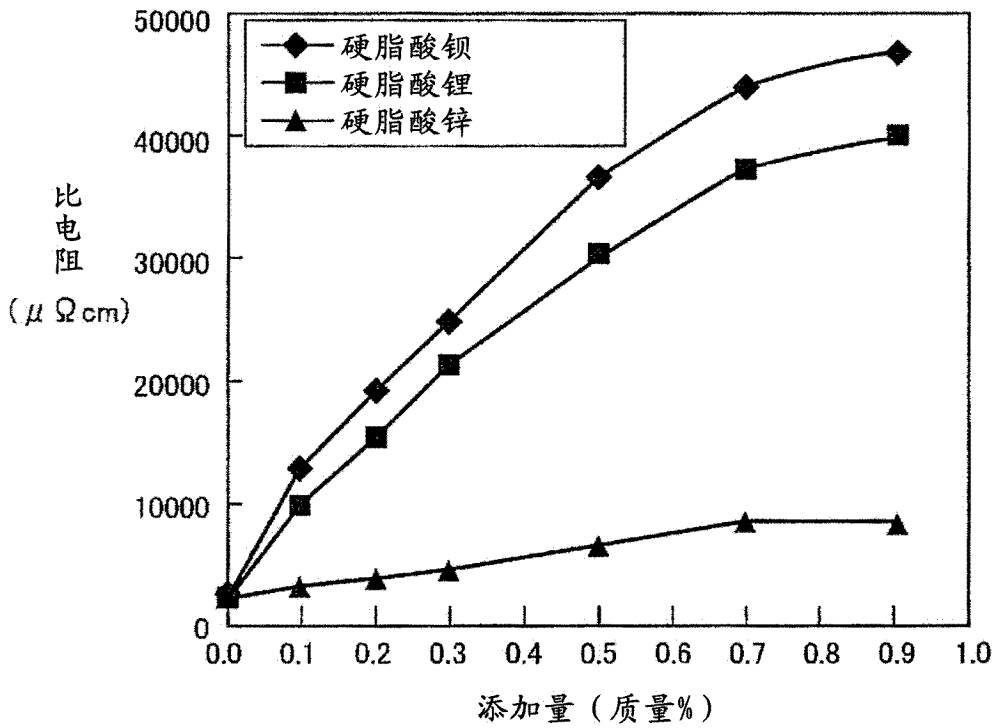


图 2

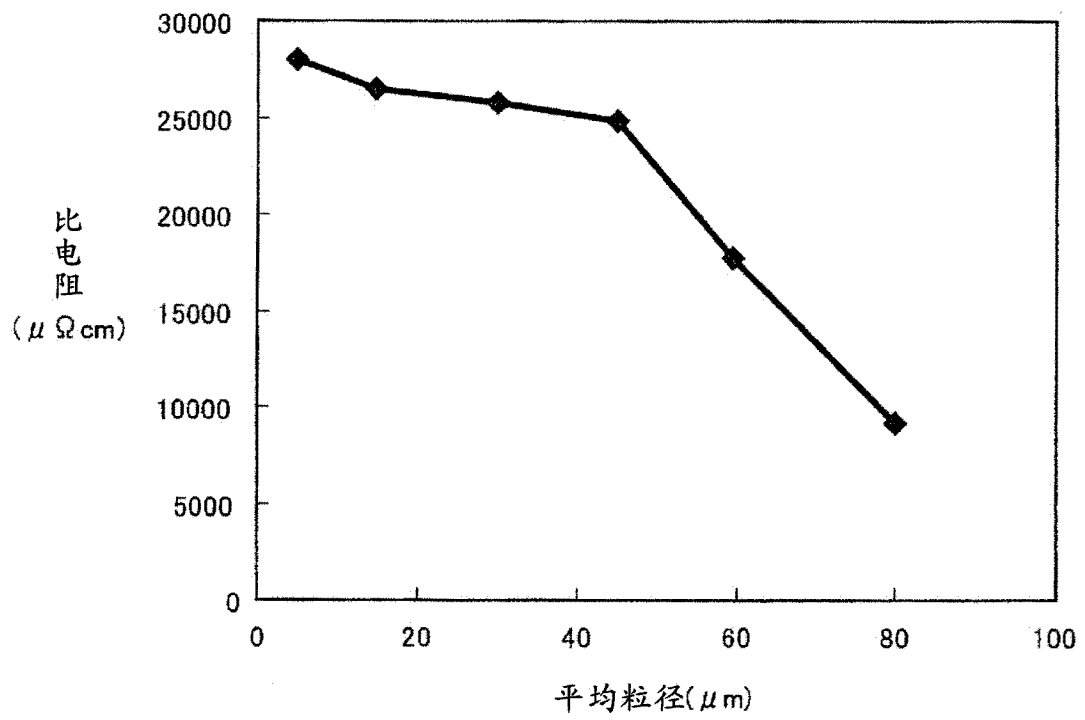


图 3

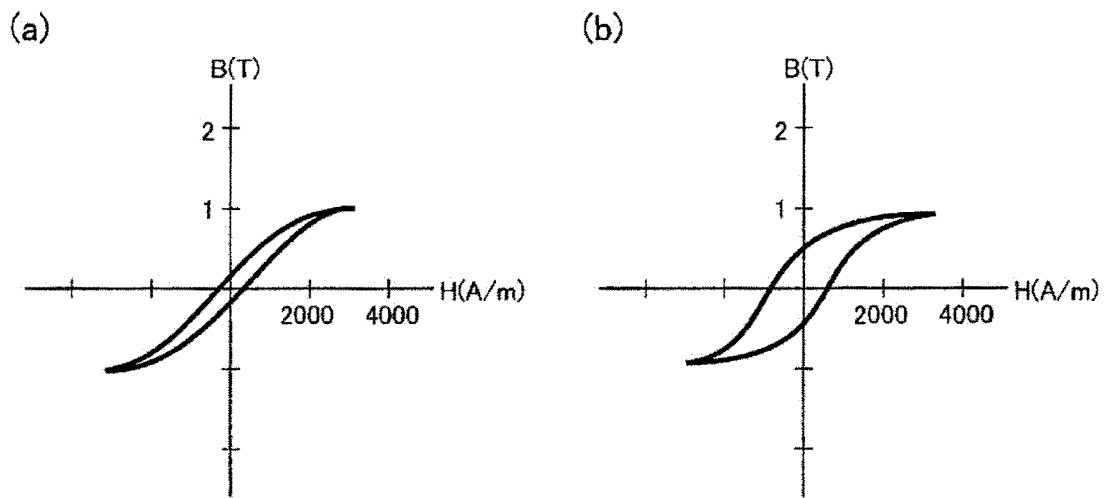


图 4