



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102543345 A

(43) 申请公布日 2012.07.04

(21) 申请号 201110404623.1

(22) 申请日 2011.12.08

(71) 申请人 德清森腾电子科技有限公司

地址 313200 浙江省湖州市德清县武康镇长
虹中街 333 号

(72) 发明人 柯昕

(74) 专利代理机构 杭州丰禾专利事务所有限公
司 33214

代理人 王从友

(51) Int. Cl.

H01F 1/147(2006.01)

H01F 41/02(2006.01)

G22C 38/40(2006.01)

G22C 33/04(2006.01)

B22F 9/04(2006.01)

权利要求书 1 页 说明书 5 页

(54) 发明名称

磁导率 $\mu=26$ 的低功耗铁硅铝合金材料及其
制备方法

(57) 摘要

本发明涉及磁性材料的制备方法,尤其涉及一种磁导率 $\mu=26$ 的低功耗铁硅铝合金材料及其制备方法。磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料,该铁硅铝合金软磁材料由铁硅铝粉末经过表面处理、压制成型和热处理制得,铁硅铝粉末中 Si 的重量含量为 8.5%~10%,Al 的重量含量为 5%~6%,Ni 的重量含量为 0.5%-1%,Cr 的重量含量为 0.5%-1%,余量为 Fe。本发明具有以下优点:1、制作工艺简单,使用设备简单;2、采用此种方法制作的产品,在保持良好的电感量,较高的品质因数的同时,提高了饱和磁感应强度;提高了直流偏置能力,并且降低了损耗值。

1. 磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料, 该铁硅铝合金软磁材料由铁硅铝粉末经过表面处理、压制成型和热处理制得, 其特征在于: 铁硅铝粉末中 Si 的重量含量为 8.5%~10%, Al 的重量含量为 5%~6%, Ni 的重量含量为 0.5%-1%, Cr 的重量含量为 0.5%-1%, 余量为 Fe。

2. 根据权利要求 1 所述的磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料, 其特征在于: 铁硅铝粉末中 Si 的含量为 9.5%。

3. 根据权利要求 1 所述的磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料, 其特征在于: 铁硅铝粉末中 Al 的含量为 5.6%。

4. 根据权利要求 1 所述的磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料, 其特征在于: 铁硅铝粉末中 Ni 的含量为 0.8%。

5. 根据权利要求 1 所述的磁导率 $\mu=26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料, 其特征在于: 铁硅铝粉末中 Cr 的含量为 0.5%。

6. 一种制备权利要求 1 所述的磁导率 $\mu=26$ 的铁硅铝合金软磁材料的制备方法, 其特征在于该方法包括以下的步骤:

1) 取适量铁硅铝粉末, 其中 Si 的重量含量为 8.5%~10%, Al 的重量含量为 5%~6%, Ni 的重量含量为 0.5%-1%, Cr 的重量含量为 0.5%-1%, 余量为 Fe;

2) 将制得的铁硅铝粉末焙炒至温度达到 80°C~120°C 时加入磷酸稀释液进行表面处理, 磷酸的重量为铁硅合金粉末重量的 2.3%~2.8%, 再继续焙炒至干燥;

3) 然后对铁硅铝合金软磁粉末压制成型: 压强为 15~26 吨/cm²;

4) 热处理, 向热处理炉内通入氢气或者氮气, 温度控制在 600°C~900°C 之间, 进行热处理的时间为 60~150 分钟;

5) 最后采用环氧树脂油漆涂覆在铁硅铝合金软磁材料的表面。

7. 根据权利要求 6 所述的磁导率 $\mu=26$ 的铁硅合金软磁材料的制备方法, 其特征在于: 铁硅铝粉末预先进行合金块熔炼和破碎, 在合金块熔炼过程中采用真空熔炼法, 破碎采用挤压式破碎。

磁导率 $\mu = 26$ 的低功耗铁硅铝合金材料及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及磁性材料的制备方法,尤其涉及一种磁导率 $\mu = 26$ 的低功耗铁硅铝合金材料及其制备方法。

背景技术

[0002] 目前,随着能源技术的改革,磁性材料快速发展,从纯铁、硅钢到坡莫合金产品众多,到最近二十年发展起来的非晶、纳米晶材料更是把软磁材料的应用推向更广的范围,在这么多磁性材料中,铁硅铝材料因较高的磁感应强度,较低的损耗和高性价比,因此应用广泛。但因其制粉工艺导致其生产量较少,基本未发现大规模的生产厂家,针对磁性材料快速发展的趋势,产品损耗低,工艺简单,可大规模生产的制粉工艺已经是迫切需求。

发明内容

[0003] 为了解决上述的技术问题,本发明的一个目的是提供一种磁导率 $\mu = 26$ 的铁硅铝合金软磁材料,在保持良好的电感量,较高的品质因数的同时,提高了饱和磁感应强度;提高了直流偏置能力,并且降低了损耗值。本发明的另外一个目的是提供上述的磁导率 $\mu = 26$ 的铁硅铝合金软磁材料的制备方法。

[0004] 为了实现上述的第一个目的,本发明采用了以下的技术方案:

磁导率 $\mu = 26$ 的低损耗铁硅铝合金软磁材料,该铁硅铝合金软磁材料由铁硅铝粉末经过表面处理、压制成型和热处理制得,铁硅铝粉末中 Si 的重量含量为 8.5%~10%, Al 的重量含量为 5%~6%, Ni 的重量含量为 0.5%~1%, Cr 的重量含量为 0.5%~1%, 余量为 Fe。

[0005] 作为优选,上述的铁硅铝粉末中 Si 的含量为 9.5%。

[0006] 作为优选,上述的铁硅铝粉末中 Al 的含量为 5.6%。

[0007] 作为优选,上述的铁硅铝粉末中 Ni 的含量为 0.8%。

[0008] 作为优选,上述的铁硅铝粉末中 Cr 的含量为 0.5%。

[0009] 通常在作为铁硅铝制粉中较少加入微量元素,偶尔有所添加也基本就是 Mn、Cr。经过反复试验,发明人发现在同时添加 Cr、Ni 时,可以提升铁硅铝材料的饱和磁感应强度,并且能较好的提高其直流偏置能力。

[0010] 为了实现上述的第二个目的,本发明采用了以下的技术方案:

一种制备上述的磁导率 $\mu = 26$ 的铁硅铝合金软磁材料的制备方法,该方法包括以下的步骤:

1)取适量铁硅铝粉末,其中 Si 的重量含量为 8.5%~10%, Al 的重量含量为 5%~6%, Ni 的重量含量为 0.5%~1%, Cr 的重量含量为 0.5%~1%, 余量为 Fe;

2)将制得的铁硅铝粉末焙炒至温度达到 80°C~120°C 时加入磷酸稀释液进行表面处理,磷酸的重量为铁硅合金粉末重量的 2.3%~2.8%,再继续焙炒至干燥;

3)然后对铁硅铝合金软磁粉末压制成型:压强为 15~26 吨/cm²;

4)热处理,向热处理炉内通入氢气或者氮气,温度控制在 600°C~900°C 之间,进行热

处理的时间为 60 ~ 150 分钟；

5) 最后采用环氧树脂油漆涂覆在铁硅铝合金软磁材料的表面。

[0011] 作为进一步的改进,上述的铁硅铝粉末预先进行合金块熔炼和破碎,在合金块熔炼过程中采用真空熔炼法。在合金块的制作工艺中,发明人发现采用空气中进行熔炼操作较为简单,但是产品一致性较差,不是理想的熔炼方法,而在真空熔炼炉进行合金熔炼加之一些独特的工艺时,产品的一致性高,并且能够长期稳定,非常符合规模化生产。在合金块破碎的过程中,球磨工艺要克服一个难点就是确保铁硅铝合金在球磨过程中表面不要被氧化,因为在氧化的结果会导致铁硅铝粉末损耗增加,磁导率降低;发明人发现采用挤压式制粉工艺却没有这样的问题,而且破碎的粉末颗粒度细,同时效率高,成型性好,能有效降低铁硅铝粉末的损耗,保持磁导率稳定。

[0012] 采用本发明的制备方法可以制成 $\mu = 26$ 的低功耗铁硅铝合金粉末,其环型规格有 $\Phi 6.99$ 、 $\Phi 7.24$ 、 $\Phi 8.51$ 、 $\Phi 10.29$ 、 $\Phi 10.29$ 、 $\Phi 10.80$ 、 $\Phi 11.89$ 、 $\Phi 13.46$ 、 $\Phi 17.40$ 、 $\Phi 18.03$ 、 $\Phi 21.10$ 、 $\Phi 23.62$ 、 $\Phi 24.30$ 、 $\Phi 27.70$ 、 $\Phi 33.83$ 、 $\Phi 35.10$ 、 $\Phi 36.63$ 、 $\Phi 40.72$ 、 $\Phi 44.00$ 、 $\Phi 47.63$ 、 $\Phi 51.69$ 、 $\Phi 58.00$ 、 $\Phi 78.90$ 等(Φ 为外径,单位为 mm)。

[0013] 本发明具有以下优点:1、制作工艺简单,使用设备简单;2、采用此种方法制作的产品,在保持良好的电感量,较高的品质因数的同时,提高了饱和磁感应强度;提高了直流偏置能力,并且降低了损耗值。本发明的软磁铁硅合金主要适用于开关电源的功率因素校正以及开关电源的输出滤波,以此来提高交换功率的利用率。

[0014] 下表中给出了铁硅铝合金的软磁性能结果,显示其具有优异的软磁性能。

磁性能优越性能对比参照			
对比参数	直流偏置	损耗	饱和磁感应强度
材料	100 Oe	50kHz 100Gs	
Sendust26 (本发明)	76.0%	4.75	10500
Sendust26 (普通制法)	73.1%	5.58	9500

具体实施方式

[0015] 实施例 1

取 1000g 铁硅铝粉末,其中 Si 的重量含量为 9%,Al 的重量含量为 6%,1% 重量含量的 Ni 和 1% 重量含量的 Cr,余量为 Fe,将制得的铁硅铝粉末焙炒至温度达到 100℃ 时加入 2.5% 的磷酸稀释液进行表面处理,再继续焙炒至干燥;然后对铁硅铝合金软磁粉末压制成型:压强为 20 吨/cm²;并通过热处理,向热处理炉内通入氢气或者氮气,温度控制在 750±3℃,进行热处理的时间为 150 分钟;最后采用环氧树脂油漆涂覆在粉芯的表面。得到 $\Phi 26.9/\Phi 14.7 \times 11.2$ (即外径为 26.9mm、内径为 14.7mm、高度 11.2mm) 规格的 2 个铁硅铝产品。

[0016] (一) f、L、Q 测试

铜丝采用 $\Phi 0.5$ mm,线圈匝数为 26 匝,其磁性能参数如表 1。

[0017] 表 1

产品	频率 f (kHz)	10	50	100	200	400	600	800	1000
产品 1	电感量 L (μH)	21.43	21.40	21.39	21.36	21.30	21.24	21.16	21.05
	品质因数 Q	12.63	57.14	86.98	112.35	130.85	99.15	106.35	116.32
	电感因子 A _c (nH/N ²)	31.6							
产品 2	电感量 L (μH)	21.50	21.47	21.46	21.43	21.37	21.31	21.23	21.11
	品质因数 Q	12.67	57.68	90.12	113.54	133.85	102.14	107.06	116.18
	电感因子 A _c (nH/N ²)	31.7							

(二) 功率损耗测试

铜丝采用 Φ0.5mm, 线圈匝数为 26 匝, 其磁性能参数如表 2。

[0018] 表 2

产品	频率 f (kHz)	磁通密度 B _{pk} (Gauss)	功率损耗
产品 1	50	100	4.69
产品 2	50	100	4.71

(三) 磁性能测试

铜丝采用 Φ0.8mm, 线圈匝数为 30 匝, 频率为 100kHz, 其磁性能参数如表 3。

[0019] 表 3

磁性能【HDC】					
产品 \ 磁场 (Oe)	0	25	50	75	100
产品 1	100.0	94.7	90.2	82.9	73.4
产品 2	100.0	94.6	90.0	83.0	73.5

(四) 饱和磁感应强度

铜丝初级采用 0.5mm, 线圈匝数为 200 匝, 次级采用 0.29mm, 线圈匝数为 50 匝, 经 B-H 回线测试仪器, 其磁性能参数如表 4。

[0020] 表 4

产品	饱和磁感应强度 (Gauss)
产品 1	9800
产品 2	9750

实施例 2

取 1000g 铁硅铝粉末, 其中 Si 的重量含量为 9.5%, Al 的重量含量为 5.6%, 0.8% 重量含量的 Ni 和 0.5% 重量含量的 Cr, 余量为 Fe, 按照实施例 1 的工艺步骤将铁硅铝粉末压制成规格为 Φ26.9/Φ14.7×11.2 (即外径为 26.9mm、内径为 14.7mm、高度 11.2mm) 规格的 2 个铁硅铝产品。其他条件不变。

[0021] (一) f、L、Q 测试

铜丝采用 Φ0.5mm, 线圈匝数为 26 匝, 其磁性能参数如表 5。

[0022] 表 5

产品	频率 f (kHz)	10	50	100	200	400	600	800	1000
产品 1	电感量 L (μH)	21.59	21.57	21.54	21.49	21.43	21.38	21.30	21.19
	品质因数 Q	13.83	62.63	96.08	132.11	154.06	119.66	127.72	131.17
	电感因子 A_e (nH/N^2)	31.9							
产品 2	电感量 L (μH)	21.66	21.63	21.60	21.57	21.51	21.46	21.36	21.25
	品质因数 Q	13.89	62.78	96.14	133.05	152.07	118.65	127.38	130.14
	电感因子 A_e (nH/N^2)	32.0							

(二) 功率损耗测试

铜丝采用 $\Phi 0.5\text{mm}$, 线圈匝数为 26 匝, 其磁性能参数如表 6。

[0023] 表 6

产品	频率 f (kHz)	磁通密度 B_{pk} (Gauss)	功率损耗
产品 1	50	100	4.76
产品 2	50	100	4.74

(三) 磁性能测试

铜丝采用 $\Phi 0.8\text{mm}$, 线圈匝数为 30 匝, 频率为 100kHz, 其磁性能参数如表 7。

[0024] 表 7

磁性能【HDC】					
产品 \ 磁场 (Oe)	0	25	50	75	100
产品 1	100.0	96.1	92.4	85.9	76.3
产品 2	100.0	96.2	92.5	85.8	76.1

(四) 饱和磁感应强度

铜丝初级采用 0.5mm, 线圈匝数为 200 匝, 次级采用 0.29mm, 线圈匝数为 50 匝, 经 B-H 回线测试仪器, 其磁性能参数如表 8。

[0025] 表 8

产品	饱和磁感应强度 (Gauss)
产品 1	10500
产品 2	11000

实施例 3

取 1000g 铁硅铝粉末, 其中 Si 的重量含量为 10%, Al 的重量含量为 6%, 0.5% 重量含量的 Ni 和 0.5% 重量含量的 Cr, 余量为 Fe, 按照实施例 1 的工艺步骤将铁硅铝粉末压制规格为 $\Phi 26.9/\Phi 14.7 \times 11.2$ (即外径为 26.9mm、内径为 14.7mm、高度 11.2mm) 规格的 2 个铁硅铝产品。其他条件不变。

[0026] (一) f、L、Q 测试

铜丝采用 $\Phi 0.5\text{mm}$, 线圈匝数为 26 匝, 其磁性能参数如表 9。

[0027] 表 9

产品	频率 f (kHz)	10	50	100	200	400	600	800	1000
产品 1	电感量 L (μH)	22.36	22.33	22.32	22.27	22.10	22.04	21.94	21.83
	品质因数 Q	12.87	61.64	96.54	125.66	143.15	108.78	116.13	120.45
	电感因子 A (nH/W^2)	33.0							
产品 2	电感量 L (μH)	22.47	22.44	22.42	22.37	22.21	22.14	22.03	21.92
	品质因数 Q	12.77	60.65	96.18	123.47	140.66	107.95	116.51	121.01
	电感因子 A (nH/W^2)	33.2							

(二) 功率损耗测试

铜丝采用 $\Phi 0.5\text{mm}$, 线圈匝数为 26 匝, 其磁性能参数如表 10。

[0028] 表 10

产品	频率 f (kHz)	磁通密度 B_{pk} (Gauss)	功率损耗
产品 1	50	100	5.58
产品 2	50	100	5.54

(三) 磁性能测试

铜丝采用 $\Phi 0.8\text{mm}$, 线圈匝数为 30 匝, 频率为 100kHz, 其磁性能参数如表 11。

[0029] 表 11

磁性能【HDC】					
产品 \ 磁场 (Oe)	0	25	50	75	100
产品 1	100.0	95.5	91.8	84.9	74.6
产品 2	100.0	95.7	92.0	85.0	74.4

(四) 饱和磁感应强度

铜丝初级采用 0.5mm, 线圈匝数为 200 匝, 次级采用 0.29mm, 线圈匝数为 50 匝, 经 B-H 回线测试仪器, 其磁性能参数如表 12。

[0030] 表 12

产品	饱和磁感应强度 (Gauss)
产品 1	10000
产品 2	9800