

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2022 年 1 月 13 日 (13.01.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/006979 A1

(51) 国际专利分类号:
H01F 1/147 (2006.01) **C22C 30/00** (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2020/102630

(22) 国际申请日: 2020 年 7 月 17 日 (17.07.2020)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
202010662344.4 2020 年 7 月 10 日 (10.07.2020) CN

(71) 申请人: 瑞声声学科科技(深圳)有限公司 (AAC ACOUSTIC TECHNOLOGIES (SHENZHEN) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座高开艳, Guangdong 518000 (CN)。瑞声科技(南京)有限公司 (AAC TECHNOLOGIES (NANJING) CO., LTD.) [CN/CN]; 中国江苏省南京市栖霞区仙林大学城元化

路南大科学园新兴产业孵化基地研发楼8层高开艳, Jiangsu 210093 (CN)。

(72) 发明人: 张航(ZHANG, Hang); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。张晓晗(ZHANG, Xiaohan); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。李犇(LI, Ben); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。余金辉(YU, Jinhui); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。裴坤(PEI, Kun); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。孙欢(SUN, Huan); 中国广东省深

(54) Title: SOFT MAGNETIC ALLOY POWDER AND PREPARATION METHOD THEREFOR

(54) 发明名称: 软磁合金粉末及其制备方法

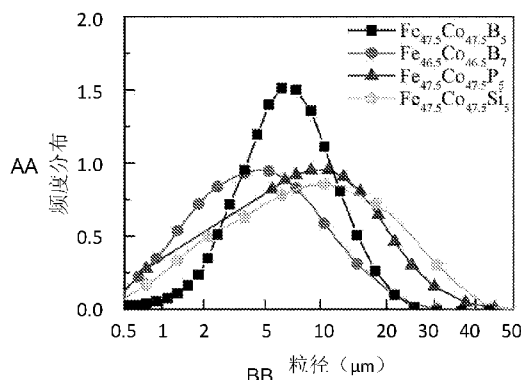


图 1

(57) Abstract: The present application provides soft magnetic alloy powder and a preparation method therefor. The alloy expression of the soft magnetic alloy powder is $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$. In the alloy expression, SE comprises at least one of B, P, C, and Si, and satisfies $20 \leq a \leq 80$, $20 \leq b \leq 80$, $2 \leq c \leq 15$, and $a+b+c=100$. In this way, the soft magnetic alloy powder has the advantages of high saturation magnetization intensity, low coercive force, low eddy current loss and the like, can be applied to the working environment where materials with high saturation magnetization intensity are required, and widens the application range of soft magnetic alloy.

(57) 摘要: 本申请提供了一种软磁合金粉末及其制备方法, 所述软磁合金粉末的合金表达式为 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$, 所述合金表达式中, SE 包括 B、P、C 和 Si 中的至少一种, 满足 $20 \leq a \leq 80$, $20 \leq b \leq 80$, $2 \leq c \leq 15$, $a+b+c=100$ 。通过上述方式, 本申请的软磁合金粉末, 具有高饱和磁化强度、低矫顽力、低涡流损耗等特点, 可应用于要求高饱和磁化强度材料的工作环境中, 拓宽了软磁合金的应用范围。

圳市南山区高新区南区粤兴三道6号南京大学深圳产学研大楼A座, Guangdong 518000 (CN)。

(74) 代理人: 深圳国新南方知识产权代理有限公司 (SHENZHEN CHINA INNOVATION SOUTH INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY CO., LTD.); 中国广东省深圳市南山区深圳湾科技生态园11栋A座501C姜宇, Guangdong 518000 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

软磁合金粉末及其制备方法

技术领域

[0001] 本申请涉及软磁合金技术领域，具体涉及一种软磁合金粉末及其制备方法。

背景技术

[0002] 软磁材料是一类重要的功能材料，因为软磁材料在较小的外加磁场下容易磁化和退磁。一般来说，软磁材料的具有较高的初始磁导率和较低的矫顽力。软磁性能对发电和配电器、驱动器、磁屏蔽材料、数据存储和微波通信等领域至关重要。一般商业上常用的软磁材料是电工纯铁、低碳钢、铁硅合金、铁素体钢、铁镍合金、软铁氧体以及软磁非晶合金。软磁材料的选择标准是基于达到所需的饱和磁化强度、磁导率、矫顽力、电阻率、机械强度，但是最重要的限制因素是成本。现有软磁合金在磁学性能以及机械性能等方面的不断改进，再加上新材料不断被发现，导致软磁材料在特定应用领域的激烈竞争。在软磁材料中，电工钢的市场占有率最高。然而，FeCo合金在商用磁性材料中表现出最高的饱和磁化强度。此外，FeCo合金具有较高的居里温度和良好的强度，非常适合于要求高磁通密度的应用，同时可以减小电子器件尺寸，在未来电子器件小型化方面具有重要应用。

[0003] 而FeCo二元合金的塑性变形能力较差，具有较大的脆性而不利于冷加工变形，难以制备出具有复杂形状零部件。此外，由于Co金属的价格昂贵，资源稀缺，传统的成型技术对材料的损耗较大，所以在工业应用中受到了一定的限制。为了改善其加工性，目前多采用在合金中加入2 %的V元素，但是非磁性元素 V元素的加入，降低了合金的软磁性能。有研究指出，FeCo₅₀合金中加入2% V元素后，合金的饱和磁感应强度降低4%，最大磁导率明显下降，软磁性能显著恶化。所以工业上需要一种近净成形技术来实现FeCo合金磁性器件精密化、小型化、复杂化，同时大幅节约成本和资源。因此研究FeCo合金粉体制备技术是十分必要的。

[0004] 目前FeCo合金粉末主要生产方式为雾化法。雾化法有气、水雾化法；气雾化法

生产的FeCo合金粉为球形粉，纯度高，但成型性差，难以压制，而且设备投资大、生产成本低，价格贵；水雾化法生产的FeCo合金粉形貌为不规则形，氧含量高，杂质多，粒度较大；同时，因为FeCo合金具有一定的塑性，难以进行机械破碎，生产效率低，无法批量生产。因此，用单一制粉方法生产的铁钴合金综合性能是不理想的，直接影响铁钴软磁合金的推广应用。

[0005] 因此，为了制备高饱和磁化强度和低矫顽力的FeCo合金，有必要提供一种新的软磁合金粉末及其制备方法。

发明概述

技术问题

[0006] 本申请的目的在于提供一种软磁合金粉末及其制备方法，所述软磁合金粉末以FeCo合金为基体，加入B、P、C和Si中的至少一种元素，按照规定的比例，获得高饱和磁化强度、低矫顽力、低涡流损耗的软磁合金粉末。

问题的解决方案

技术解决方案

[0007] 本申请的技术方案如下：一种软磁合金粉末，所述软磁合金粉末的合金表达式为 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ ，其中，所述SE包括B、P、C和Si中的至少一种，满足 $20 \leq a \leq 80$ ， $20 \leq b \leq 80$ ， $2 \leq c \leq 15$ ， $a+b+c=100$ 。

[0008] 优选的，所述合金表达式中，满足 $30 \leq a \leq 70$ ， $30 \leq b \leq 70$ ， $2 \leq c \leq 10$ ， $a+b+c=100$ 。

[0009] 优选的，所述软磁合金的合金表达式为 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 或 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 。

[0010] 本申请还提供了一种如以上所述的软磁合金粉末的制备方法，所述制备方法包括：

[0011] 按照所述合金表达式的配比分别称取纯度为99.9wt.%的包含Fe、Co、SE元素的各种原料，得到合金原料；

[0012] 将所述合金原料进行真空电弧熔炼后铸锭得到母合金；

[0013] 采用感应加热的方法熔融所述母合金，将熔融后的母合金用单辊旋淬法制得合金薄带；

- [0014] 采用高能球磨法或行星球磨法或机械破碎法将所述合金薄带粉碎制得所述软磁合金粉末。
- [0015] 优选的，所述真空电弧熔炼的条件包括：真空度 $\geq 6.0 \times 10^{-1}$ Pa，保护气氛为99.999 %纯度的氩气。
- [0016] 优选的，所述单辊旋淬法的条件包括：铜辊表面线速度为20 m/s $\sim$ 50 m/s，喷射压强为0.4 $\sim$ 1.00 Pa，制得的所述薄带厚度为10 $\sim$ 350 μ m。
- [0017] 优选的，所述将所述合金原料进行真空电弧熔炼后铸锭得到母合金，包括：在熔炼炉中先熔炼钛合金锭，再熔炼所述合金原料，反复熔炼多次，得到所述母合金铸锭。
- [0018] 优选的，所述按照所述合金表达式的配比称取纯度为99.9wt.%的Fe、Co、SE，得到合金原料，之前包括：对包含各元素的原料进行氧化膜和杂质去除处理。
- [0019] 优选的，所述对包含各元素的原料进行氧化膜和杂质去除处理，包括：
- [0020] 将所述原料表面的氧化膜打磨去除后，置于无水乙醇中利用超声波清洗后干燥。

发明的有益效果

有益效果

- [0021] 本申请的有益效果在于：本申请提供了一种软磁合金粉末及其制备方法，所述软磁合金粉末的合金表达式为 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ ，所述合金表达式中，SE包括B、P、C和Si中的至少一种，满足 $20 \leq a \leq 80$ ， $20 \leq b \leq 80$ ， $2 \leq c \leq 15$ ， $a+b+c=100$ 。通过上述方式，本申请的软磁合金粉末，具有高饱和磁化强度、低矫顽力、低涡流损耗等特点，可应用于要求高饱和磁化强度材料的工作环境中，拓宽了软磁合金的应用范围。

对附图的简要说明

附图说明

- [0022] 图1为本申请四个实施例分别制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金粉末、 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金粉末、 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金粉末和 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 合金粉末的粒径分布曲线图；
- [0023] 图2为本申请实施例一中制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$

合金粉末在扫描电子显微镜（SEM）的形貌图。

发明实施例

本发明的实施方式

[0024] 下面结合附图和实施方式对本申请作进一步说明。

[0025] 本申请提供了一种软磁合金粉末，软磁合金粉末的合金表达式为 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ ，在合金表达式中，SE包括B、P、C和Si中的至少一种，满足 $20 \leq a \leq 80$ ， $20 \leq b \leq 80$ ， $2 \leq c \leq 15$ ， $a+b+c=100$ 。优选的，在合金表达式中，满足 $30 \leq a \leq 70$ ， $30 \leq b \leq 70$ ， $2 \leq c \leq 10$ ， $a+b+c=100$ 。优选的，所述软磁合金的合金表达式为 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 或 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 。

[0026] 基于以上软磁合金粉末，本申请还提供了一种软磁合金粉末的制备方法，主要包括以下步骤：

[0027] 在步骤S1中，配料：按照前文软磁合金前驱体合金表达式 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 中各元素的原子比例a：b：c分别对包含Fe、Co、SE元素的各种原料进行配料。在本申请实施例中，包含Fe和Co元素的原料可以直接为金属单质，而包含SE元素的原料则可以为单质也可以为化合物。

[0028] 具体的，选取纯度为99.9 wt. %的包含Fe、Co、SE各元素的原料，按照前文记载的软磁合金粉末合金表达式进行配料。优选的，在步骤S1之前，对步骤S1中的原料进行氧化膜和杂质去除处理。具体的，将包含Fe、Co、SE各元素的原料表面的氧化膜打磨去除后放入盛有无水乙醇的烧杯中，进行超声波清洗250 s，之后将其完全干燥。

[0029] 在步骤 S2中，熔炼母合金；将步骤S1获得的配料进行真空电弧熔炼后铸锭得到母合金铸锭。

[0030] 具体的，将配制好的母合金成分放入非自耗真空电弧熔炼炉的水冷铜坩埚里，密度大且熔点高的合金元素放在上面。首先利用机械泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-1} Pa，关闭机械泵阀门，使用扩散泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-3} Pa以下，然后将扩散泵阀门关闭，充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，作为保护气体；最后，打开电源系统的开关，利用钨电极与铜柱来接触引弧，并开始熔炼。优选的，熔炼时，每熔炼一次，待合金完全凝固后，利用手动悬臂的翻转勺将

其翻转过来，并反复熔炼6次保证得到的母合金铸锭成分均匀。可选的，在熔炼母合金原料之前，需要先熔炼钛合金锭，因为在熔炼时的高温条件下，钛合金可以吸附炉腔内残留的空气，进一步提高熔炼炉腔体内的真空度。

[0031] 在步骤S3中，前驱体带材制备：采用感应加热的方法熔化步骤S2获得的母合金铸锭，熔化后在单辊旋淬系统中快速凝固制得软磁合金的薄带。

[0032] 具体的，将熔炼好的母合金破碎后，放入底部开有圆孔且孔的直径为0.6 mm的石英管中，然后放置在快淬设备真空腔里的感应线圈中并将石英管底部固定在距离铜辊上方0.8 mm高度处，采用机械泵和扩散泵抽真空至 5.0×10^{-3} Pa后充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，然后开启通有冷却循环水的铜辊和感应加热电源，在高纯氩气的保护下并采用高频感应加热的方式使石英管中的母合金熔化均匀，然后在石英管内外压差为0.05 MPa下把熔融均匀的母合金喷射到高速旋转的铜辊上，制备出软磁 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金前驱体薄带。

[0033] 在步骤S4中，粉体制备：采用高能球磨法、行星球磨法或机械破碎法将步骤S3制得的薄带粉碎制得软磁合金粉末。

[0034] 具体的，将 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金薄带放入高能球磨中，球料比为5:1，加入无水乙醇10 wt. %，转速为2000 r/min，球磨1h，取出真空干燥获得本申请所需的软磁合金粉末。

[0035] 本申请的软磁合金粉末，以FeCo基合金为前驱体，FeCo基合金中的成分范围广且可连续调整；另外，利用高能球磨技术、行星球磨技术或机械破碎技术，处理工艺简单，流程简化，加工时间较短，易于工业化生产，即可制备10微米级以下的软磁合金粉末，解决了1J21和1J22等牌号合金难以制备10微米级以下合金粉末的问题；本申请制备的软磁合金粉末，具有高饱和磁化强度、低矫顽力、低涡流损耗等特点，可应用于要求高饱和磁化强度材料的工作环境中。综上本申请制备的软磁合金粉末其粒径较小、颗粒形貌为近球形、强度较高、软磁性能优异、制备工艺条件宽松。

[0036] 实施例一

[0037] 在步骤S1中，配料：选取纯度为99.9 wt. %的Fe、Co和FeB原料，按照 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金表达式进行配料；在称取原材料之前，把原材料上面的氧化膜打磨去

除，后将Fe、Co和FeB等原材料放入盛有无水乙醇的烧杯中，进行超声波清洗250 s，将其完全干燥。

[0038] 在步骤S2中，熔炼母合金：将配制好的母合金成分放入非自耗真空电弧熔炼炉的水冷铜坩埚里，密度大且熔点高的合金元素放在上面，首先利用机械泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-1} Pa，关闭机械泵阀门，使用扩散泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-3} Pa以下，然后将扩散泵阀门关闭，充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，作为保护气体；最后，打开电源系统的开关，利用钨电极与铜柱来接触引弧，并开始熔炼。在熔炼母合金原料之前，需要先熔炼钛合金锭，这是因为在熔炼时的高温条件下，钛合金可以吸附炉腔内残留的空气，进一步提高熔炼炉腔体内的真空度；熔炼时，每熔炼一次，待合金完全凝固后，利用手动悬臂的翻转勺将其翻转过来，并反复熔炼6次保证母合金铸锭的成分均匀。

[0039] 在步骤S3中，前驱体带材制备：将熔炼好的母合金破碎后，放入底部开有圆孔且孔的直径为0.6 mm的石英管中，然后放置在快淬设备真空腔里的感应线圈中并将石英管底部固定在距离铜辊上方0.8 mm高度处，采用机械泵和扩散泵抽真空至 5.0×10^{-3} Pa后充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，然后开启通有冷却循环水的铜辊和感应加热电源，在高纯氩气的保护下并采用高频感应加热的方式使石英管中的母合金熔化均匀，然后在石英管内外压差为0.05 MPa下把熔融均匀的母合金喷射到高速旋转的铜辊上，制备出软磁 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金前驱体薄带。

[0040] 在步骤S4中，粉体制备：将 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金前驱体薄带放入高能球磨中，球料比为5:1，加入无水乙醇10 wt. %，转速为2000 r/min，球磨1h，取出真空干燥，即可制备出 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金粉末。

[0041] 实施例二

[0042] 在步骤S1中，配料：选取纯度为99.9 wt. %的Fe、Co和FeB原料，按照 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金表达式进行配料；在称取原材料之前，把原材料上面的氧化膜打磨去除，后将Fe、Co和FeB等原材料放入盛有无水乙醇的烧杯中，进行超声波清洗250 s，将其完全干燥。

[0043] 在步骤S2中，熔炼母合金：将配制好的母合金成分放入非自耗真空电弧熔炼炉

的水冷铜坩埚里，密度大且熔点高的合金元素放在上面，首先利用机械泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-1} Pa，关闭机械泵阀门，使用扩散泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-3} Pa以下，然后将扩散泵阀门关闭，充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，作为保护气体；最后，打开电源系统的开关，利用钨电极与铜柱来接触引弧，并开始熔炼。在熔炼母合金原料之前，需要先熔炼钛合金锭，这是因为在熔炼时的高温条件下，钛合金可以吸附炉腔内残留的空气，进一步提高熔炼炉腔体内的真空度；熔炼时，每熔炼一次，待合金完全凝固后，利用手动悬臂的翻转勺将其翻转过来，并反复熔炼6次保证母合金铸锭的成分均匀。

[0044] 在步骤S3中，前驱体带材制备：将熔炼好的母合金破碎后，放入底部开有圆孔且孔的直径为0.6 mm的石英管中，然后放置在快淬设备真空腔里的感应线圈中并将石英管底部固定在距离铜辊上方0.8 mm高度处，采用机械泵和扩散泵抽真空至 5.0×10^{-3} Pa后充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，然后开启通有冷却循环水的铜辊和感应加热电源，在高纯氩气的保护下并采用高频感应加热的方式使石英管中的母合金熔化均匀，然后在石英管内外压差为0.05 MPa下把熔融均匀的母合金喷射到高速旋转的铜辊上，制备出实验所用的软磁 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金前驱体薄带。

[0045] 在步骤S4中，粉体制备：将 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金前驱体薄带放入高能球磨中，球料比为5:1，加入无水乙醇10 wt. %，转速为2000 r/min，球磨1h，取出真空干燥，即可制备出 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金粉末。

[0046] 实施例三

[0047] 在步骤S1中，配料：选取纯度为99.9 wt. %的Fe、Co和FeP原料，按照 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金表达式进行配料；在称取原材料之前，把原材料上面的氧化膜打磨去除，后将Fe、Co和FeP等原材料放入盛有无水乙醇的烧杯中，进行超声波清洗250 s，将其完全干燥。

[0048] 在步骤S2中，熔炼母合金：将配制好的母合金成分放入非自耗真空电弧熔炼炉的水冷铜坩埚里，密度大且熔点高的合金元素放在上面，首先利用机械泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-1} Pa，关闭机械泵阀门，使用扩散泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-3} Pa以下，然后将扩散泵阀门关闭，充入0.05 MPa的纯度为99.999%的

氩气，作为保护气体；最后，打开电源系统的开关，利用钨电极与铜柱来接触引弧，并开始熔炼。在熔炼母合金原料之前，需要先熔炼钛合金锭，这是因为在熔炼时的高温条件下，钛合金可以吸附炉腔内残留的空气，进一步提高熔炼炉腔体内的真空度；熔炼时，每熔炼一次，待合金完全凝固后，利用手动悬臂的翻转勺将其翻转过来，并反复熔炼6次保证母合金铸锭的成分均匀。

[0049] 在步骤S3中，前驱体带材制备：将熔炼好的母合金破碎后，放入底部开有圆孔且孔的直径为0.6 mm的石英管中，然后放置在快淬设备真空腔里的感应线圈中并将石英管底部固定在距离铜辊上方0.8 mm高度处，采用机械泵和扩散泵抽真空至 5.0×10^{-3} Pa后充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，然后开启通有冷却循环水的铜辊和感应加热电源，在高纯氩气的保护下并采用高频感应加热的方式使石英管中的母合金熔化均匀，然后在石英管内外压差为0.05 MPa下把熔融均匀的母合金喷射到高速旋转的铜辊上，制备出实验所用的软磁 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金前驱体薄带。

[0050] 在步骤S4中，粉体制备：将 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金前驱体薄带放入高能球磨中，球料比为5:1，加入无水乙醇10 wt. %，转速为2000 r/min，球磨1h，取出真空干燥，即可制备出 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金粉末。

[0051] 实施例四

[0052] 在步骤S1中，配料：选取纯度为99.9 wt. %的Fe、Co和Si原料，按照 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{Si}_c$ 合金表达式进行配料；在称取原材料之前，把原材料上面的氧化膜打磨去除，后将Fe、Co和Si等原材料放入盛有无水乙醇的烧杯中，进行超声波清洗250 s，将其完全干燥。

[0053] 在步骤S2中，熔炼母合金：将配制好的母合金成分放入非自耗真空电弧熔炼炉的水冷铜坩埚里，密度大且熔点高的合金元素放在上面，首先利用机械泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-1} Pa，关闭机械泵阀门，使用扩散泵将炉腔的真空度抽至 4×10^{-3} Pa以下，然后将扩散泵阀门关闭，充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，作为保护气体；最后，打开电源系统的开关，利用钨电极与铜柱来接触引弧，并开始熔炼。在熔炼母合金原料之前，需要先熔炼钛合金锭，这是因为在熔炼时的高温条件下，钛合金可以吸附炉腔内残留的空气，进一步提高熔炼

炉腔体内的真空度；熔炼时，每熔炼一次，待合金完全凝固后，利用手动悬臂的翻转勺将其翻转过来，并反复熔炼6次保证母合金铸锭的成分均匀。

[0054] 在步骤S3中，前驱体带材制备：将熔炼好的母合金破碎后，放入底部开有圆孔且孔的直径为0.6 mm的石英管中，然后放置在快淬设备真空腔里的感应线圈中并将石英管底部固定在距离铜辊上方0.8 mm高度处，采用机械泵和扩散泵抽真空至 5.0×10^{-3} Pa后充入0.05 MPa的纯度为99.999%的氩气，然后开启通有冷却循环水的铜辊和感应加热电源，在高纯氩气的保护下并采用高频感应加热的方式使石英管中的母合金熔化均匀，然后在石英管内外压差为0.05 MPa下把熔融均匀的母合金喷射到高速旋转的铜辊上，制备出实验所用的软磁 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 合金前驱体薄带。

[0055] 在步骤S4中，粉体制备：将 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 合金前驱体薄带放入高能球磨中，球料比为5:1，加入无水乙醇10 wt. %，转速为2000 r/min，球磨1h，取出真空干燥，即可制备出 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 合金粉末。

[0056] 软磁合金粉末性能检测结果

[0057] 请参阅表1、图1和图2。表1展示了以上四个实施例中制得的 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 合金粉末饱和磁化强度。图1展示了以上四个实施例中制得的 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 合金粉末的粒径分布曲线。图2展示了实施例一中制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金粉末在扫描电子显微镜（SEM）的形貌图。

[0058] 表1列出了实施例一、实施例二、实施例三和实施例四分别制得的四种 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 合金粉末的饱和磁化强度（Bs），由表1可见，这四种 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 合金粉末均具有较高的饱和磁化强度。实施例一制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 合金粉末，其具有2.36T的较高饱和磁化强度（Bs）。实施例二制得的 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 合金粉末，其具有2.24 T较高的饱和磁化强度（Bs）。实施例三制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 合金粉末，其具有2.34T较高的饱和磁化强度（Bs）。实施例四制得的 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 合金粉末，其具有2.33 T较高的饱和磁化强度（Bs）。

[0059] 表1： $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ 合金粉末饱和磁化强度

[]

[表1]

合金	饱和磁化强度	d ₅₀ 粒径
Fe _{47.5} Co _{47.5} B ₅	2.36 T	5.64 μm
Fe _{46.5} Co _{46.5} B ₇	2.24 T	3.37 μm
Fe _{47.5} Co _{47.5} P ₅	2.34 T	5.87 μm
Fe _{47.5} Co _{47.5} Si ₅	2.33 T	6.11 μm

[0060] 图1为实施例一、实施例二、实施例三和实施例四分别制得的四种Fe_aCo_bSE_c合金粉末的粒径分布曲线，由图1可得，这四种Fe_aCo_bSE_c合金粉末的均粒径分布均较为集中。实施例一制得的Fe_{47.5}Co_{47.5}B₅合金粉末，其粒径d₅₀为5.64 μm。实施例二制得的Fe_{47.5}Co_{47.5}B₇合金粉末，其粒径d₅₀为3.37 μm。实施例三制得的Fe_{47.5}Co_{47.5}P₅合金粉末，其粒径d₅₀为5.87 μm。实施例四制得的Fe_{47.5}Co_{47.5}Si₅合金粉末，其粒径d₅₀为6.11 μm。

[0061] 图2为实施例一制得的Fe_{47.5}Co_{47.5}B₅合金粉末在SEM下的图片，由图2可见，Fe_{47.5}Co_{47.5}B₅合金粉末粒径分布较为集中，颗粒为近球形，流动性较好。

[0062] 以上所述的仅是本申请的实施方式，在此应当指出，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请创造构思的前提下，还可以做出改进，但这些均属于本申请的保护范围。

权利要求书

- [权利要求 1] 1、一种软磁合金粉末，其特征在于，所述软磁合金粉末的合金表达式为 $\text{Fe}_a\text{Co}_b\text{SE}_c$ ，其中，所述SE包括B、P、C和Si中的至少一种，满足 $20 \leq a \leq 80$ ， $20 \leq b \leq 80$ ， $2 \leq c \leq 15$ ， $a+b+c=100$ 。
- [权利要求 2] 2、根据权利要求1所述的软磁合金粉末，其特征在于，所述合金表达式中，满足 $30 \leq a \leq 70$ ， $30 \leq b \leq 70$ ， $2 \leq c \leq 10$ ， $a+b+c=100$ 。
- [权利要求 3] 3、根据权利要求1所述的软磁合金粉末，其特征在于，所述软磁合金的合金表达式为 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{B}_5$ 或 $\text{Fe}_{46.5}\text{Co}_{46.5}\text{B}_7$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{P}_5$ 或 $\text{Fe}_{47.5}\text{Co}_{47.5}\text{Si}_5$ 。
- [权利要求 4] 4、一种如权利要求1-3任一所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述制备方法包括：
按照所述合金表达式的配比分别称取纯度为99.9wt.%的包含Fe、Co、SE元素的各种原料，得到合金原料；
将所述合金原料进行真空电弧熔炼后铸锭得到母合金；
采用感应加热的方法熔融所述母合金，将熔融后的母合金用单辊旋淬法制得合金薄带；
采用高能球磨法或行星球磨法或机械破碎法将所述合金薄带粉碎制得所述软磁合金粉末。
- [权利要求 5] 5、如权利要求4所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述真空电弧熔炼的条件包括：真空度 $\geq 6.0 \times 10^{-1}$ Pa，保护气氛为99.999 %纯度的氩气。
- [权利要求 6] 6、如权利要求4所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述单辊旋淬法的条件包括：铜辊表面线速度为20 m/s~50 m/s，喷射压强为0.4~1.00 Pa，制得的所述薄带厚度为10~350 μm 。
- [权利要求 7] 7、如权利要求4所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述将所述合金原料进行真空电弧熔炼后铸锭得到母合金，包括：在熔炼炉中先熔炼钛合金锭，再熔炼所述合金原料，反复熔炼多次，得到所述母合金铸锭。

- [权利要求 8] 8、如权利要求4所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述按照所述合金表达式的配比称取纯度为99.9wt.%的Fe、Co、SE，得到合金原料，之前包括：对包含各元素的原料进行氧化膜和杂质去除处理。
- [权利要求 9] 9、如权利要求4所述的软磁合金粉末的制备方法，其特征在于，所述对包含各元素的原料进行氧化膜和杂质去除处理，包括：
将所述原料表面的氧化膜打磨去除后，置于无水乙醇中利用超声波清洗后干燥。

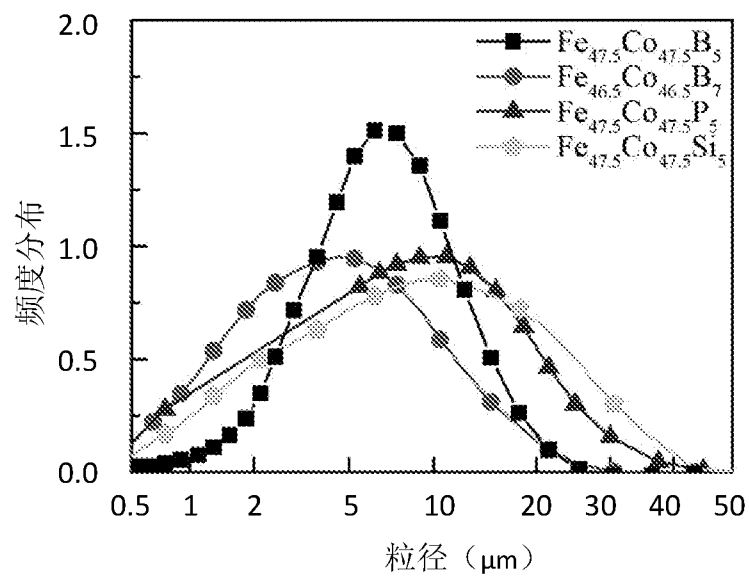


图 1

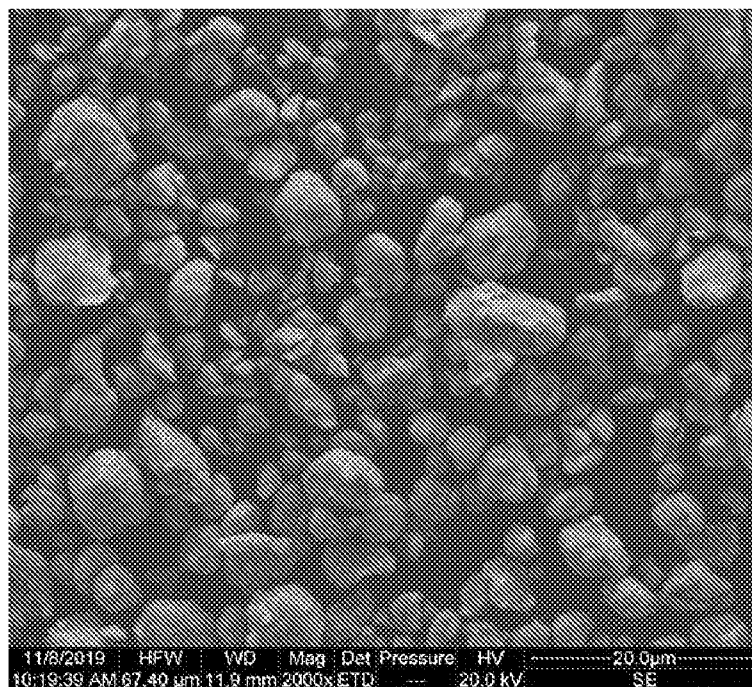


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/102630

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01F 1/147(2006.01)i; C22C 30/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01F,C22C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNABS, CNTXT, VEN, WOTXT, USTXT, EPTXT, CNKI, Web of science, 瑞声声学科技, 瑞声科技, 张航, 张晓晗, 李犇, 余金辉, 裴坤, 孙欢, 合金, 软磁, 铁, 钴, 碳, 硼, 磷, 硅, 粉末, 粉体, 熔炼, 旋淬, 破碎, 球磨, Fe, Co, C, B, P, Si, alloy, soft magnetic, iron, ferric, cobalt, carbon, phosphorus, silicon, boron, powder, melting, spinning, ball mill

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Shen-Gen Zhang et al. "Electromagnetic and microwave absorbing properties of FeCoB powder composites" 《Rare Met.》, Vol. 32, No. 04, 24 August 2013 (2013-08-24), page 403, paragraph 2	1-9
X	CN 103014417 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY, BEIJING) 03 April 2013 (2013-04-03) description, paragraphs 0011-0017	1-9
X	W.M.Daoush. "Processing of FeCo Nanosized Soft-Magnetic Material by Powder Metallurgy Technique" 《Materials Science Forum》, Vol. 558-559, 15 October 2007 (2007-10-15), page 708 last paragraph, page 709 paragraphs 1-7 and abstract in part	1-3
X	A. I. Rinc'on Soler et al. "Structural and magnetic properties of FeCoC system obtained by mechanical alloying" 《Hyperfine Interact.》, Vol. 238, No. 48, 09 March 2017 (2017-03-09), abstract section	1-3



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

02 March 2021

Date of mailing of the international search report

22 March 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2020/102630

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	M.Yousefi et al. "Correlation between structural parameters and magnetic properties of ball milled nano-crystalline Fe-Co-Si powders" 《Advanced Powder Technology》, Vol. 25, 02 December 2013 (2013-12-02), page 753, paragraphs 3-7	1-3
X	庞永强 (PANG, Yongqiang). "FeCo基纳米晶吸收剂的制备与电磁性能研究 (Preparation and Electromagnetic Properties of Feco-Based Nanocrystalline Absorbents)" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 工程科技I辑》 ("Engineering Science and Technology I, Chinese Master's Theses Full-Text Database (Electronic Journals)"), No. (S2), 15 December 2011 (2011-12-15), page 22 last paragraph, page 23 paragraphs 1-3, page 44 paragraph 2, page 57 paragraphs 1-7, page 58 paragraphs 1-2	1-3
X	JP S63307243 A (SEIKO EPSON CORP.) 14 December 1988 (1988-12-14) page 231 last paragraph, page 232 paragraph 1 and table 1	1-3
A	CN 1689733 A (ALPS ELECTRIC CO., LTD.) 02 November 2005 (2005-11-02) entire document	1-9
A	CN 107799258 A (TIANJIN UNIVERSITY) 13 March 2018 (2018-03-13) entire document	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2020/102630

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	103014417	A	03 April 2013	CN	103014417	B	19 November 2014
JP	S63307243	A	14 December 1988	None			
CN	1689733	A	02 November 2005	JP	2005307291	A	04 November 2005
				JP	4562022	B2	13 October 2010
				US	7132019	B2	07 November 2006
				US	2005236071	A1	27 October 2005
CN	107799258	A	13 March 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2020/102630

A. 主题的分类 H01F 1/147(2006.01)i; C22C 30/00(2006.01)i 按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) H01F, C22C 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用)) CNABS, CNTXT, VEN, WOTXT, USTXT, EPTXT, CNKI, Web of science, 瑞声声学科技, 瑞声科技, 张航, 张晓晗, 李犇, 余金辉, 裴坤, 孙欢, 合金, 软磁, 铁, 钴, 碳, 硼, 磷, 硅, 粉末, 粉体, 熔炼, 旋淬, 破碎, 球磨, Fe, Co, C, B, P, Si, alloy, soft magnetic, iron, ferric, cobalt, carbon, phosphorus, silicon, boron, powder, melting, spinning, ball mill																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>Shen-Gen Zhang等. "Electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-CoB powder composites" 《Rare Met.》, 第32卷, 第04期, 2013年 8月 24日 (2013 - 08 - 24), 第403页第2段</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 103014417 A (UNIV BEIJING SCIENCE & TECH) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书第0011-0017段</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>W. M. Daoush. "Processing of FeCo Nanosized Soft-Magnetic Material by Powder Metallurgy Technique" 《Materials Science Forum》, 第558-559卷, 2007年 10月 15日 (2007 - 10 - 15), 第708页倒数第1段, 第709页第1-7段以及摘要部分</td> <td>1-3</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>A. I. Rincón Soler等. "Structural and magnetic properties of FeCoC system obtained by mechanical alloying" 《Hyperfine Interact》, 第238卷, 第48期, 2017年 3月 9日 (2017 - 03 - 09), 摘要部分</td> <td>1-3</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	X	Shen-Gen Zhang等. "Electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-CoB powder composites" 《Rare Met.》, 第32卷, 第04期, 2013年 8月 24日 (2013 - 08 - 24), 第403页第2段	1-9	X	CN 103014417 A (UNIV BEIJING SCIENCE & TECH) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书第0011-0017段	1-9	X	W. M. Daoush. "Processing of FeCo Nanosized Soft-Magnetic Material by Powder Metallurgy Technique" 《Materials Science Forum》, 第558-559卷, 2007年 10月 15日 (2007 - 10 - 15), 第708页倒数第1段, 第709页第1-7段以及摘要部分	1-3	X	A. I. Rincón Soler等. "Structural and magnetic properties of FeCoC system obtained by mechanical alloying" 《Hyperfine Interact》, 第238卷, 第48期, 2017年 3月 9日 (2017 - 03 - 09), 摘要部分	1-3
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
X	Shen-Gen Zhang等. "Electromagnetic and microwave absorbing properties of Fe-CoB powder composites" 《Rare Met.》, 第32卷, 第04期, 2013年 8月 24日 (2013 - 08 - 24), 第403页第2段	1-9															
X	CN 103014417 A (UNIV BEIJING SCIENCE & TECH) 2013年 4月 3日 (2013 - 04 - 03) 说明书第0011-0017段	1-9															
X	W. M. Daoush. "Processing of FeCo Nanosized Soft-Magnetic Material by Powder Metallurgy Technique" 《Materials Science Forum》, 第558-559卷, 2007年 10月 15日 (2007 - 10 - 15), 第708页倒数第1段, 第709页第1-7段以及摘要部分	1-3															
X	A. I. Rincón Soler等. "Structural and magnetic properties of FeCoC system obtained by mechanical alloying" 《Hyperfine Interact》, 第238卷, 第48期, 2017年 3月 9日 (2017 - 03 - 09), 摘要部分	1-3															
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 </td> <td style="vertical-align: top;"> "T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件 </td> </tr> </table>			* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件													
* 引用文件的具体类型: "A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 "E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 "L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的) "O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 "P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件	"T" 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 "X" 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 "Y" 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 "&" 同族专利的文件																
国际检索实际完成的日期 2021年 3月 2日		国际检索报告邮寄日期 2021年 3月 22日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 费良浩 电话号码 86-(20)-28950861															

C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	M. Yousefi等. "Correlation between structural parameters and magnetic properties of ball milled nano-crystalline Fe-Co-Si powders" 《Advanced Powder Technology》, 第25卷, 2013年 12月 2日 (2013 - 12 - 02), 第753页第3-7段	1-3
X	庞永强. "FeCo基纳米晶吸收剂的制备与电磁性能研究" 《中国优秀硕士学位论文全文数据库 (电子期刊) 工程科技I辑》, 第S2期, 2011年 12月 15日 (2011 - 12 - 15), 第22页倒数第1段, 第23页第1-3段, 第44页第2段, 第57页第1-7段, 第58页第1-2段	1-3
X	JP S63307243 A (SEIKO EPSON CORP) 1988年 12月 14日 (1988 - 12 - 14) 第231页倒数第1段, 第232页第1段以及表1	1-3
A	CN 1689733 A (阿尔卑斯电气株式会社) 2005年 11月 2日 (2005 - 11 - 02) 全文	1-9
A	CN 107799258 A (天津大学) 2018年 3月 13日 (2018 - 03 - 13) 全文	1-9

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2020/102630

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	103014417	A	2013年 4月 3日	CN 103014417 B	2014年 11月 19日
JP	S63307243	A	1988年 12月 14日	无	
CN	1689733	A	2005年 11月 2日	JP 2005307291 A	2005年 11月 4日
				JP 4562022 B2	2010年 10月 13日
				US 7132019 B2	2006年 11月 7日
				US 2005236071 A1	2005年 10月 27日
CN	107799258	A	2018年 3月 13日	无	