



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111292912 B

(45) 授权公告日 2021.07.27

(21) 申请号 202010116904.6

H01F 41/02 (2006.01)

(22) 申请日 2020.02.25

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111292912 A

CN 109585113 A, 2019.04.05

CN 108022707 A, 2018.05.11

CN 106384637 A, 2017.02.08

(43) 申请公布日 2020.06.16

CN 107316727 A, 2017.11.03

CN 107845464 A, 2018.03.27

(73) 专利权人 江西理工大学

CN 104051101 A, 2014.09.17

CN 104821218 A, 2015.08.05

地址 341000 江西省赣州市章贡区红旗大道86号

CN 105118596 A, 2015.12.02

KR 1918975 B1, 2018.11.16

(72) 发明人 王磊 杨牧南 李家节 张莉丽
钟震晨

审查员 万琦萍

(74) 专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51) Int. Cl.

H01F 1/057 (2006.01)

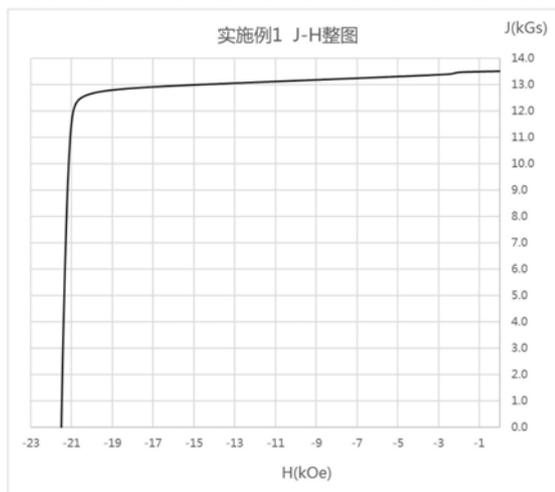
权利要求书2页 说明书7页 附图2页

(54) 发明名称

一种高性能稀土双合金磁体及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种高性能稀土双合金磁体及其制备方法,该高性能稀土双合金磁体由质量比为(92-99):(8-1)的主合金和辅合金制成,将主合金和辅合金均匀混合后用磁场成型法或热压热变形获得成型体,将该成型体进行热处理;然后在真空或惰性气体中以1020-1070℃烧结4小时之后,得烧结体毛坯;再进行时效处理,得到高性能稀土双合金磁体。与现有技术相比,本发明使用一种新型的辅合金,该辅合金的特点是不含重稀土,进一步提高矫顽力并保证高的剩磁。



1. 一种高性能稀土双合金磁体,其特征在於:该高性能稀土双合金磁体由主合金和辅合金制成,所述主合金和所述辅合金的质量比为(92-99):(8-1);所述主合金的化学式为 $\text{Nd}_x\text{Fe}_{\text{bal}}\text{Al}_{0.5}\text{Cu}_{0.15}\text{Zr}_{0.2}\text{B}_y$;所述辅合金的化学式为 $\text{Zn}_{88}\text{Pr}_{12}$;其中,化学式中的下标均为质量百分比,x为29.8~33%,y为0.90~1.2%;所述高性能稀土双合金磁体的矫顽力均超过19kOe,同时剩磁在12.95kGs以上,方形度SQ在97%以上。

2. 根据权利要求1所述的高性能稀土双合金磁体,其特征在於:所述主合金的D50粒径为3.2-3.5 μm 。

3. 根据权利要求1所述的高性能稀土双合金磁体,其特征在於:所述辅合金的D50粒径为1.8-2.5 μm 。

4. 一种如权利要求1-3任一所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在於,包括以下步骤:

S1、将所述主合金和所述辅合金的按质量比(92-99):(8-1)均匀混合;

S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体,将该成型体进行热处理;

S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1020-1070 $^{\circ}\text{C}$ 烧结4小时之后,得烧结体毛坯;

S4、将步骤S3中的烧结体毛坯进行时效处理,得到高性能稀土双合金磁体。

5. 根据权利要求4所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在於:所述步骤S2中的热处理的具体过程为:

(1)从室温以升温到570-600 $^{\circ}\text{C}$,在570-600 $^{\circ}\text{C}$ 条件下保温处理2小时;

(2)从570-600 $^{\circ}\text{C}$ 升温速度升温到600 $^{\circ}\text{C}$ -630 $^{\circ}\text{C}$,在600 $^{\circ}\text{C}$ -630 $^{\circ}\text{C}$ 条件下保温处理2小时;

(3)从600 $^{\circ}\text{C}$ -630 $^{\circ}\text{C}$ 升温速度升温到800 $^{\circ}\text{C}$ -850 $^{\circ}\text{C}$ 保温处理4小时。

6. 根据权利要求4所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在於:所述步骤S4的时效处理具体为:将步骤S3中的烧结体毛坯在820 $^{\circ}\text{C}$ -950 $^{\circ}\text{C}$ 条件下进行一级时效处理4小时,在550 $^{\circ}\text{C}$ -620 $^{\circ}\text{C}$ 条件下进行二级时效处理6小时。

7. 根据权利要求4所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在於:步骤S1中所述主合金和所述辅合金混合时加入占所述主合金和所述辅合金总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂。

8. 根据权利要求4所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在於:所述主合金的制备方法如下:

S111、取纯度均为99.99%的Nd及Fe、Al、Cu、Zr、B块体,以化学式 $\text{R}_x\text{Fe}_{\text{bal}}\text{Al}_{0.5}\text{Cu}_{0.15}\text{Zr}_{0.2}\text{B}_y$ 进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金;

S112、将步骤S111获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟5 $^{\circ}\text{C}$ 的速度升为790 $^{\circ}\text{C}$ 后,保温1小时;再以每分钟2 $^{\circ}\text{C}$ 的速度升为830 $^{\circ}\text{C}$,保温18天,然后再水中急冷;

S113、将退火后的合金分别用常规甩带工艺制备得到速凝片,其中甩带工艺的转速为38~45m/s;

S114、将得到的速凝片分别用常规氢爆工艺处理,得到粒径范围为1~3mm的粉体;

S115、将步骤S114所述的氢爆粉体在550 $^{\circ}\text{C}$ 进行脱氢处理,加入与粉体比例为0.16%质量比的硬脂酸锌作为抗氧化剂混合2小时,放入气流磨中粉碎至D50粒径为3.2-3.5 μm ,即制

得主合金。

9. 根据权利要求4所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在于:所述辅合金的制备方法如下:

S121、取纯度均为99.99%的Pr及Zn块体,以化学式 $Zn_{88}Pr_{12}$ 进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金;

S122、将获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟 5°C 的速度升为 500°C 后,保温1小时,再以每分钟 2°C 的速度升为 580°C ,保温6天,然后再水中急冷;

S123、将退火后的合金分别进行粗破碎获得合金块;

S124、将步骤S123制备好的合金块,放入球磨机中,并在球磨机中加入工业酒精且使工业酒精刚能没过合金,然后进行球磨,直至粉体D50粒径为 $1.8\sim 2.5\mu\text{m}$,即制得辅合金。

10. 根据权利要求9所述的高性能稀土双合金磁体的制备方法,其特征在于:所述步骤S123中,所述粗破碎是用样品钳将退火后的合金夹成块体,块体的最大尺寸 $\leq 0.5\text{cm}$ 。

一种高性能稀土双合金磁体及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及稀土永磁材料技术领域,特别是一种高性能稀土双合金磁体及其制备方法。

背景技术

[0002] 烧结Nd-Fe-B自20世纪发明以来,利用其优异的综合磁性能应用于各大领域,例如风力发电、新能源汽车、变频家电等方面,随着对磁性能的要求的提高,重稀土Dy、Tb的应用逐渐增多,然而重稀土的成本却成为了制约该产品发展的极大挑战。因此,寻找一种有效的途径在降低重稀土的用量的同时也能有效提高磁钢的综合性能成为了研究的热点。研究发现运用双合金的方式是提矫顽力保证剩磁的一个较好的方式,即在晶界处加入重稀土元素提高矫顽力的同时可以保持剩磁略微下降,虽然相比而言单合金这是有效的一种方式但是避免不了辅合金需加入重稀土,成本上虽然有一定优势但还未能达到最佳的性价比。

[0003] 因此,急需一种不使用含重稀土的辅合金的高性能稀土双合金磁体及其制备方法,以提高矫顽力并保证高的剩磁。

发明内容

[0004] 本发明的目的是要解决现有技术中钕铁硼磁体材料中辅合金加入重稀土提高矫顽力的技术问题,提供一种高性能稀土双合金磁体及其制备方法。

[0005] 为达到上述目的,本发明是按照以下技术方案实施的:

[0006] 一种高性能稀土双合金磁体,该高性能稀土双合金磁体由主合金和辅合金制成,所述主合金和所述辅合金的质量比为(92-99):(8-1);所述主合金的化学式为 $Nd_xFe_{bal}Al_{0.5}Cu_{0.15}Zr_{0.2}B_y$;所述辅合金的化学式为 $Zn_{88}Pr_{12}$;其中,化学式中的下标均为质量百分比,x为29.8~33%,y为0.90~1.2%。

[0007] 进一步,所述主合金的D50粒径为3.2-3.5 μm 。

[0008] 进一步,所述辅合金的D50粒径为1.8-2.5 μm 。

[0009] 另外,本发明还提供了了一种高性能稀土双合金磁体的制备方法,包括以下步骤:

[0010] S1、将所述主合金和所述辅合金的按质量比(92-99):(8-1)均匀混合;

[0011] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体,将该成型体进行热处理;

[0012] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1020-1070 $^{\circ}C$ 烧结4小时之后,得烧结体毛坯;

[0013] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯进行时效处理,得到高性能稀土双合金磁体。

[0014] 进一步,所述步骤S2中的热处理的具体过程为:

[0015] (1)从室温以升温到570-600 $^{\circ}C$,在570-600 $^{\circ}C$ 条件下保温处理2小时;

[0016] (2)从570-600 $^{\circ}C$ 升温速度升温到600 $^{\circ}C$ -630 $^{\circ}C$,在600 $^{\circ}C$ -630 $^{\circ}C$ 条件下保温处理2小时;

[0017] (3)从600 $^{\circ}C$ -630 $^{\circ}C$ 升温速度升温到800 $^{\circ}C$ -850 $^{\circ}C$ 保温处理4小时。

[0018] 进一步,所述步骤S4的时效处理具体为:将步骤S3中的烧结体毛坯在820℃-950℃条件下进行一级时效处理4小时,在550℃-620℃条件下进行二级时效处理6小时。

[0019] 进一步,步骤S1中所述主合金和所述辅合金混合时加入占所述主合金和所述辅合金总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂。

[0020] 进一步,所述主合金的制备方法如下:

[0021] S111、取纯度均为99.99%的Nd及Fe、Al、Cu、Zr、B块体,以化学式 $R_xFe_{ba1}Al_{0.5}Cu_{0.15}Zr_{0.2}B_y$ 进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金;

[0022] S112、将步骤S111获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟5℃的速度升为790℃后,保温1小时;再以每分钟2℃的速度升为830℃,保温18天,然后再水中急冷;

[0023] S113、将退火后的合金分别用常规甩带工艺制备得到速凝片,其中甩带工艺的转速为38~45m/s;

[0024] S114、将得到的速凝片分别用常规氢爆工艺处理,得到粒径范围为1~3mm的粉体;

[0025] S115、将步骤S114所述的氢爆粉体在550℃进行脱氢处理,加入与粉体比例为0.16%质量比的硬脂酸锌作为抗氧化剂混合2小时,放入气流磨中粉碎至D50粒径为3.2-3.5 μ m,即制得主合金。

[0026] 进一步,所述辅合金的制备方法如下:

[0027] S121、取纯度均为99.99%的Pr及Zn块体,以化学式 $Zn_{88}Pr_{12}$ 进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金;

[0028] S122、将获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟5℃的速度升为500℃后,保温1小时,再以每分钟2℃的速度升为580℃,保温6天,然后再水中急冷;

[0029] S123、将退火后的合金分别进行粗破碎获得合金块;

[0030] S124、将步骤S123制备好的合金块,放入球磨机中,并在球磨机中加入工业酒精且使工业酒精刚能没过合金,然后进行球磨,直至粉体D50粒径为1.8~2.5 μ m,即制得辅合金。

[0031] 优选地,所述步骤S123中,所述粗破碎是用样品钳将退火后的合金夹成块体,块体的最大尺寸 \leq 0.5cm。

[0032] 与现有技术相比,本发明使用一种新型的辅合金,该辅合金的特点是不含重稀土,进一步提高矫顽力并保证高的剩磁,该发明中提供了钕铁硼磁体材料、原料组合物及制备方法和应用,在不加入重稀土的情况下提高综合性能,对于有重稀土配方也同样适用。

附图说明

[0033] 图1为实施例1制得双合金磁钢的磁性能曲线。

[0034] 图2为实施例2制得双合金磁钢的磁性能曲线。

[0035] 图3为实施例3制得双合金磁钢的磁性能曲线。

具体实施方式

[0036] 为使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白,以下结合实施例,对本发明进行进一步的详细说明。此处所描述的具体实施例仅用于解释本发明,并不用于限定发明。

[0037] 实施例1

[0038] S1、制备主合金：

[0039] S111、取纯度均为99.99%的Nd及Fe、Al、Cu、Zr、B块体，以化学式 $Nd_{31}Fe_{ba1}Al_{0.5}Cu_{0.15}Zr_{0.2}B_{0.95}$ （下标均为质量百分比）进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金；

[0040] S112、将步骤S111获得的合金置于真空石英管中，再放入退火炉中，以每分钟5℃的速度升为790℃后，保温1小时；再以每分钟2℃的速度升为830℃，保温18天，然后再水中急冷；

[0041] S113、将退火后的合金分别用常规甩带工艺制备得到速凝片，其中甩带工艺的转速为42m/s；

[0042] S114、将得到的速凝片分别用常规氢爆工艺处理，得到粒径范围为2mm的粉体；

[0043] S115、将步骤S114所述的氢爆粉体在550℃进行脱氢处理，加入与粉体比例为0.16%质量比的硬脂酸锌作为抗氧化剂混合2小时，放入气流磨中粉碎至D50粒径为3.3μm，即制得主合金1；

[0044] 制备辅合金：

[0045] S121、取纯度均为99.99%的Pr及Zn块体，以化学式 $Zn_{88}Pr_{12}$ （下标均为质量百分比）进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金；

[0046] S122、将获得的合金置于真空石英管中，再放入退火炉中，以每分钟5℃的速度升为500℃后，保温1小时，再以每分钟2℃的速度升为580℃，保温6天，然后再水中急冷；

[0047] S123、将退火后的合金分别进行粗破碎，所述粗破碎是用样品钳将退火后的合金夹成块体，块体的最大尺寸≤0.5cm，即获得合金块；

[0048] S124、将步骤S123制备好的合金块，放入球磨机中，并在球磨机中加入工业酒精且使工业酒精刚能没过合金，然后进行球磨，直至粉体D50粒径为2.0um，即制得辅合金1；

[0049] 将所述主合金1和所述辅合金1的按质量比97:3均匀混合，所述主合金1和所述辅合金1混合时加入占所述主合金和所述辅合金总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂；

[0050] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体，将该成型体进行热处理：

[0051] (1) 从室温以升温到590℃，在590℃条件下保温处理2小时；

[0052] (2) 从590℃升温速度升温到610℃，在610℃条件下保温处理2小时；

[0053] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时；

[0054] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1040℃烧结4小时之后，得烧结体毛坯；

[0055] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时，在570℃条件下进行二级时效处理6小时，得到高性能稀土双合金磁体1。

[0056] 实施例2

[0057] S1、制备主合金：

[0058] S111、取纯度均为99.99%的Nd及Fe、Al、Cu、Zr、B块体，以化学式 $Nd_{30}Fe_{ba1}Al_{0.5}Cu_{0.15}Zr_{0.2}B_{0.95}$ （下标均为质量百分比）进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金；

[0059] S112、将步骤S111获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟5℃的速度升为780℃后,保温1小时;再以每分钟2℃的速度升为820℃,保温18天,然后再水中急冷;

[0060] S113、将退火后的合金分别用常规甩带工艺制备得到速凝片,其中甩带工艺的转速为43m/s;

[0061] S114、将得到的速凝片分别用常规氢爆工艺处理,得到粒径范围为2.2mm的粉体;

[0062] S115、将步骤S114所述的氢爆粉体在550℃进行脱氢处理,加入与粉体比例为0.16%质量比的硬脂酸锌作为抗氧化剂混合2小时,放入气流磨中粉碎至D50粒径为3.4μm,即制得主合金2。

[0063] 用和实施例1相同的辅合金1;

[0064] 将所述主合金2和所述辅合金1的按质量比97:3均匀混合,所述主合金2和所述辅合金1混合时加入占所述主合金2和所述辅合金1总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂;

[0065] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体,将该成型体进行热处理:

[0066] (1) 从室温以升温到590℃,在590℃条件下保温处理2小时;

[0067] (2) 从590℃升温速度升温到610℃,在610℃条件下保温处理2小时;

[0068] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时;

[0069] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1040℃烧结4小时之后,得烧结体毛坯;

[0070] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时,在570℃条件下进行二级时效处理6小时,得到高性能稀土双合金磁体2。

[0071] 实施例3

[0072] S1、用实施例2所得到的主合金2;

[0073] 制备辅合金:

[0074] S121、取纯度均为99.99%的Pr及Zn块体,以化学式 $Zn_{88}Pr_{12}$ (下标均为质量百分比)进行相应质量配样后于非自耗真空电弧熔炼炉里反复熔炼5次得到相应的合金;

[0075] S122、将获得的合金置于真空石英管中,再放入退火炉中,以每分钟5℃的速度升为500℃后,保温1小时,再以每分钟2℃的速度升为590℃,保温6天,然后再水中急冷;

[0076] S123、将退火后的合金分别进行粗破碎,所述粗破碎是用样品钳将退火后的合金夹成块体,块体的最大尺寸 $\leq 0.5\text{cm}$,即获得合金块;

[0077] S124、将步骤S123制备好的合金块,放入球磨机中,并在球磨机中加入工业酒精且使工业酒精刚能没过合金,然后进行球磨,直至粉体D50粒径为2.1μm,即制得辅合金2;

[0078] 将所述主合金2和所述辅合金2的按质量比97:3均匀混合,所述主合金2和所述辅合金2混合时加入占所述主合金和所述辅合金总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂;

[0079] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体,将该成型体进行热处理:

[0080] (1) 从室温以升温到590℃,在590℃条件下保温处理2小时;

[0081] (2) 从590℃升温速度升温到610℃,在610℃条件下保温处理2小时;

[0082] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时;

[0083] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1040℃烧结4小时之后，得烧结体毛坯；

[0084] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时，在570℃条件下进行二级时效处理6小时，得到高性能稀土双合金磁体3。

[0085] 实施例4

[0086] S1、将实施例1制备的主合金1和辅合金1的按质量比95:5均匀混合，所述主合金1和所述辅合金1混合时加入占所述主合金1和所述辅合金1总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂；

[0087] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体，将该成型体进行热处理：

[0088] (1) 从室温以升温到590℃，在590℃条件下保温处理2小时；

[0089] (2) 从590℃升温速度升温到610℃，在610℃条件下保温处理2小时；

[0090] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时；

[0091] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1040℃烧结4小时之后，得烧结体毛坯；

[0092] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时，在570℃条件下进行二级时效处理6小时，得到高性能稀土双合金磁体4。

[0093] 实施例5

[0094] S1、将实施例1制备的主合金1和辅合金1的按质量比92:8均匀混合，所述主合金1和所述辅合金1混合时加入占所述主合金1和所述辅合金1总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂；

[0095] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体，将该成型体进行热处理：

[0096] (1) 从室温以升温到590℃，在590℃条件下保温处理2小时；

[0097] (2) 从590℃升温速度升温到610℃，在610℃条件下保温处理2小时；

[0098] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时；

[0099] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1040℃烧结4小时之后，得烧结体毛坯；

[0100] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时，在570℃条件下进行二级时效处理6小时，得到高性能稀土双合金磁体5。

[0101] 实施例6

[0102] S1、将实施例1制备的主合金1和辅合金1的按质量比97:3均匀混合，所述主合金1和所述辅合金1混合时加入占所述主合金1和所述辅合金1总质量质量百分数0.13%的硬脂酸锌作为润滑剂；

[0103] S2、用磁场成型法或热压热变形获得成型体，将该成型体进行热处理：

[0104] (1) 从室温以升温到590℃，在590℃条件下保温处理2小时；

[0105] (2) 从590℃升温速度升温到610℃，在610℃条件下保温处理2小时；

[0106] (3) 从610℃升温速度升温到830℃保温处理4小时；

[0107] S3、将步骤S2中热处理后的成型体在真空或惰性气体中以1045℃烧结4小时之后，得烧结体毛坯；

[0108] S4、将步骤S3中的烧结体毛坯在850℃条件下进行一级时效处理4小时，在570℃条

件下进行二级时效处理6小时,得到高性能稀土双合金磁体6。

[0109] 对比例1

[0110] 本对比例所述高性能稀土双合金磁体的制备材料利用主合金1和辅合金1,区别点混合比例为89:11,其他步骤同实施例1,制备得到高性能稀土双合金磁体7。

[0111] 对比例2

[0112] 本对比例所述高性能稀土双合金磁体的制备材料利用主合金1和辅合金1,区别点混合比例为99.5:0.5,其他步骤同实施例1,制备得到高性能稀土双合金磁体8。

[0113] 对比例3

[0114] 本对比例所述高性能稀土双合金磁体的制备材料利用主合金1和辅合金1,区别点在混合后二级时效480℃,其他步骤同实施例1,制备得到高性能稀土双合金磁体9。

[0115] 进一步,为了验证上述实施例制备的高性能稀土双合金磁体的磁体性能,分别取上述实施例1-6及对比例1-3制备的高性能稀土双合金磁体,并对其磁体性能进行检测,将实验所得到的样品取D10*10的圆柱在NIM-200C设备上进行测试,在测试前需要对样品(以下简称磁体)进行预充磁(磁场大小 $\geq 3T$),最终得到退磁曲线及数据,磁体1的退磁曲线图如图1所示,磁体2的退磁曲线图如图2所示,磁体3的退磁曲线图如图3所示,记录检测结果见下表1。

[0116] 表1

样品	Br(kGs)	Hcj(kOe)	20℃-80℃ (Hcj) (%/℃)	SQ %
[0117] 磁体 1	13.52	21.51	0.627	98.2
磁体 2	13.78	20.94	0.631	98.4
磁体 3	13.74	21.02	0.628	98.8
磁体 4	13.85	19.03	0.645	98.7
[0118] 磁体 5	13.31	22.82	0.603	99.2
磁体 6	12.98	24.21	0.578	98.5
磁体 7	12.41	17.21	0.701	98.5
磁体 8	13.98	14.42	0.782	99.5
磁体 9	13.87	18.10	0.669	91.3

[0119] 由表1、图1、图2、图3可见,在我们所限定的双合金的比例中,磁体的性能较为优异,例如实施例1-6中矫顽力均超过19kOe,同时剩磁在12.95kGs以上,方形度SQ均在97%以上,达到较为优异的性能。在对比例1中主合金与辅合金的比例为89:11,其磁性能为剩磁Br为12.41kGs,矫顽力仅为17.21kOe,这是由于辅合金所占的比例相对较大,辅合金中Zn元素扩散到了主相中,没有足够分布于晶界,最终使得磁性能恶化。在对比例2中刚好反之,辅合金相对较少,没有足够的晶界相分布于晶界,完全达不到双合金的效果;在对比例3中,性能没能优异主要是由于 $Zn_{88}Pr_{12}$ 所形成的共晶温度接近于600℃,当二级时效仅为480℃时该

物相未能有效的在晶界处均匀分布,达到连续晶界相隔离主相的作用,在方形度上仅为91.3%。

[0120] 本发明的技术方案不限于上述具体实施例的限制,凡是根据本发明的技术方案做出的技术变形,均落入本发明的保护范围之内。

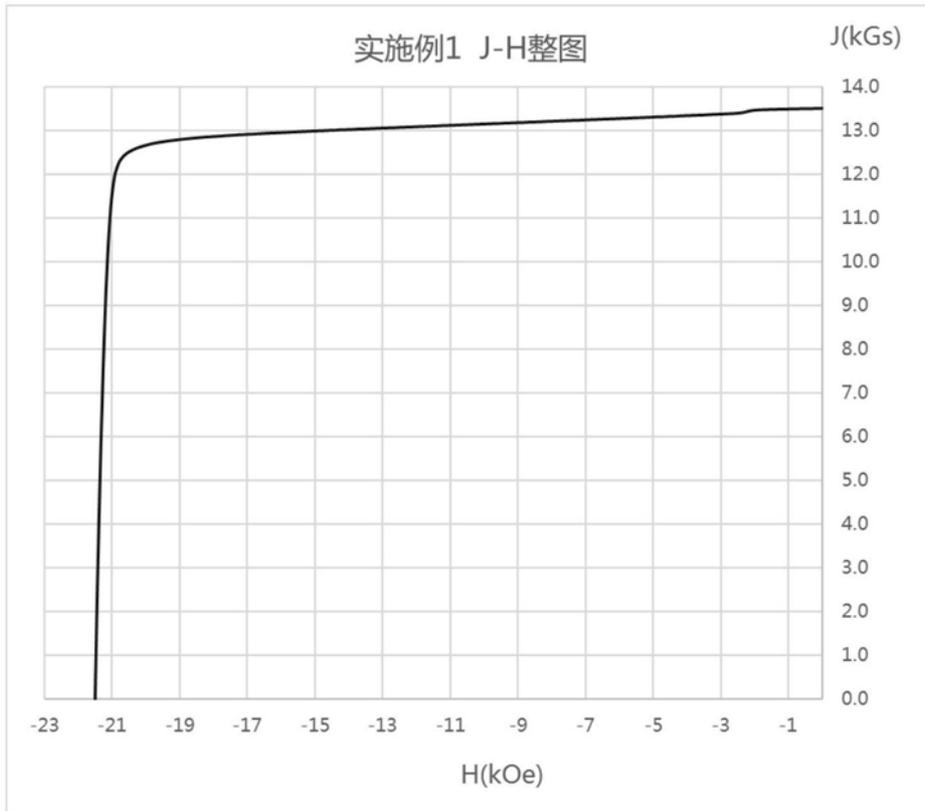


图1

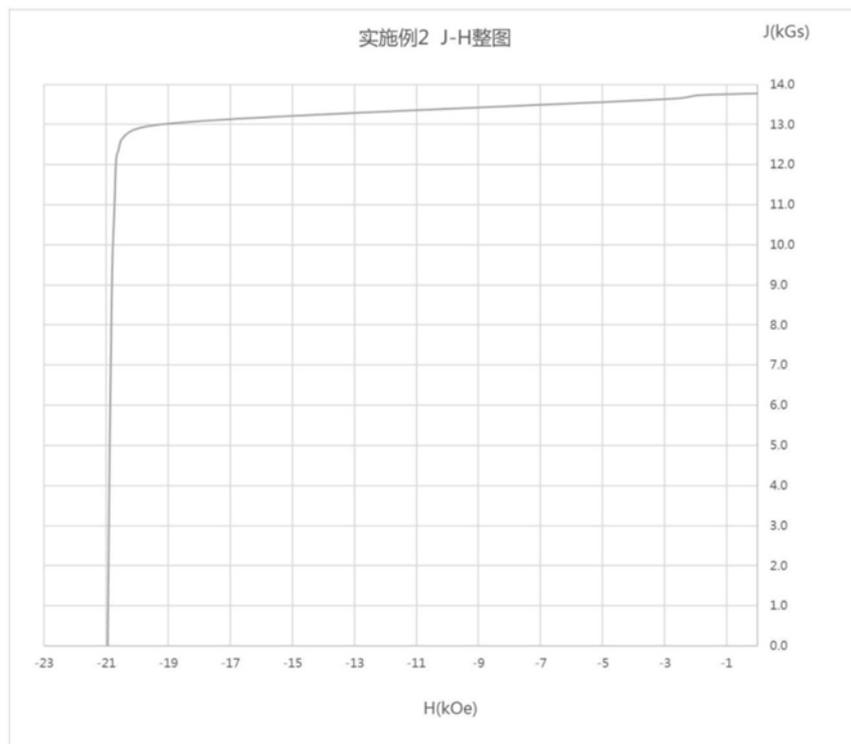


图2

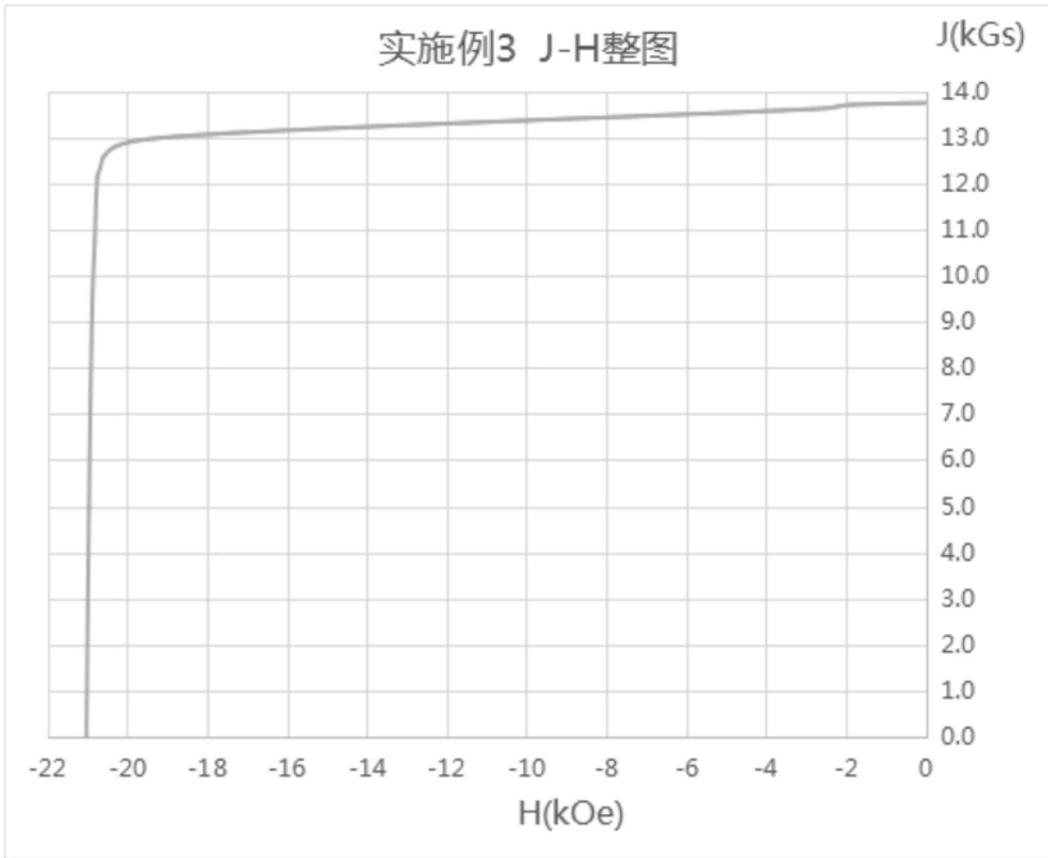


图3