(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 104575902 A
(43)申请公布日 2015.04.29

(21)申请号 201410695673.3

(22)申请日 2014.11.26

(71)申请人 宁波格荣利磁业有限公司
地址 315151 浙江省宁波市鄞州区鄞江镇工业区

(72)发明人 钱寅

(74)专利代理机构 宁波市鄞州盛飞专利代理事务所（普通合伙） 33243
代理人 张向飞

(51)Int.Cl.
H01F 1/057(2006.01)
H01F 41/02(2006.01)
B22F 1/00(2006.01)
B22F 3/16(2006.01)

权利要求书1页 说明书6页

(54)发明名称

一种添加铈的钕铁硼磁体及其制备方法

(57)摘要

本发明具体涉及一种添加铈的钕铁硼磁体及其制备方法，属于磁性材料技术领域。所述钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比为：PrNd：28.6-28.9%、Ce：2.90-3.10%、B：0.95-0.98%、Al：0.75-0.85%、Cu：0.19-0.22%、余量为Fe。本发明还提供了制备上述钕铁硼磁体的方法，其制备方法包括如下步骤：先进行配料，然后经过熔炼、鳞片浇铸得到甩带片，再经氢破碎、气流磨、放电等离子烧结及二级回火热处理得到钕铁硼磁体成品。本发明钕铁硼磁体具有较高的矫顽力、剩磁和磁能积，耐腐蚀性好、力学性能好，制备方法简单可行且生产成本低。

CN 104575902 A

1. 一种添加铈的钕铁硼磁体，其特征在于，所述钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比为：PrNd：28.6%-28.9%、Ce：2.90%-3.10%、B：0.95%-0.98%、Al：0.75%-0.85%、Cu：0.19%-0.22%、余量为 Fe。

2. 根据权利要求 1 所述的添加铈的钕铁硼磁体，其特征在于，所述钕铁硼磁体的组成元素及质量百分比为：PrNd：28.8%、Ce：3.00%、B：0.96%、Al：0.80%、Cu：0.20%、余量为 Fe。

3. 一种制备如权利要求 1 所述的添加铈的钕铁硼磁体的方法，其特征在于，所述的制备方法包括如下步骤：

S1、配料与熔炼：按照权利要求 1 所述钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比进行配料，然后送入真空速凝熔炼炉后抽真空到 10^{-3}Pa-10^{-2}Pa，停止抽真空并充入氩气达到 0.042-0.050MPa 后进行熔炼，待炉料完全熔化后进行鳞片浇铸得到厚度为 0.30-0.50mm 的甩带片；

S2、氢破碎和气流磨处理：将上述甩带片经过氢破碎处理得到平均粒径为 12μm-15μm 的碎粉，然后加入抗氧化剂进行气流磨制得平均粒径为 3.5μm-4.5μm 的细粉末；

S3、压制和烧结：向上述细粉末中加入润滑剂，在氮气的保护气氛下用 3.5T-4.0T 的脉冲磁场、190-200MPa 的压力取向并压制成型，然后经过放电等离子烧结工艺得到钕铁硼磁体坯件；

S4、回火热处理：将上述钕铁硼磁体坯件进行二级回火热处理得到钕铁硼磁体成品；其中第一级回火热处理的温度为 860-920℃，保温时间为 3.0-3.5h，第二级回火热处理的温度为 520-600℃，保温时间为 3.5-4.0h。

4. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S1 中所述的炉料为 Pr 含量为 22%-25%的镨钕合金、Ce 含量为 10%-15%的铈铁合金、B 含量为 15%-20%的硼铁合金、工业铝锭、铁锭以及电解铜。

5. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S1 中所述的鳞片浇铸的过程中的冷却辊转速为 2.55m/s-2.65m/s。

6. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S2 中所述的氢破碎处理中脱氢反应的加热温度为 450-580℃，加热时间为 190-230min。

7. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S2 中所述的抗氧化剂的添加量为 0.040%-0.045%。

8. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S3 中所述的润滑剂的添加量为 0.030%-0.035%。

9. 根据权利要求 3 所述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法，其特征在于，步骤 S3 中所述的放电等离子烧结工艺中烧结气氛为真空度为 0.01Pa-0.02Pa 或者氩气气氛，烧结压力为 35-45MPa，烧结温度为 700-780℃，升温速率为 130-180℃/min，保温时间为 5-8min。

一种添加铈的钕铁硼磁体及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种钕铁硼磁体，具体涉及一种添加铈的钕铁硼磁体及其制备方法，属于磁性材料技术领域。

背景技术

[0002] 钕铁硼磁体作为新一代稀土永磁材料，具有高剩磁、高矫顽力和高磁能积等特点，是当今世界上综合磁性能最强的永磁材料。随着电子信息、汽车和机械制造业的发展，钕铁硼磁体也获得迅猛发展，特别是现在人们的环保意识越来越强，对于可用于电动汽车、风电等节能环保领域的高综合性能的钕铁硼永磁体的需求不断增长。

[0003] 钕铁硼磁体可以分为烧结钕铁硼磁体和粘结钕铁硼磁体，烧结钕铁硼磁体是目前磁性能最好的永磁材料，应用最为广泛。但是对于烧结钕铁硼永磁体而言，其也存在耐腐蚀性能较差、力学性能不够好等缺陷。目前，对于改善烧结钕铁硼磁体的综合性能的研究也越来越多，但是在改善这些性能的同时，往往对钕铁硼磁体的剩磁和磁能积的负面影响也比较大。

[0004] 中国发明专利申请文件（公开号：CN1905088A）中就公开了一种制备高矫顽力烧结稀土－铁－硼永磁材料的方法，其主要工艺流程为先采用速凝薄片工艺制备 NdFeB 粉末并用氢爆法破碎，通过气流磨粉碎得微米级的 NdFeB 粉末，再用物理气沉积法制备铽和镝纳米粉末并加入其中，混合均匀后进行压制、烧结得磁体。用该方法得到的 NdFeB 磁体与传统技术制备烧结 NdFeB 磁体相比，显著提高矫顽力，温度稳定性也得到改善，但是该申请文件对于改善烧结 NdFeB 磁体的耐腐蚀性以及力学性能等方面并未有所体现，而且虽然该申请文件中添加的稀土元素铽和镝用量减少了，但是铽和镝都是重稀土，价格比较昂贵，所以生产成本仍然较高。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对现有技术中存在的不足，提供一种耐腐蚀、制造成本较低的钕铁硼磁体。

[0006] 本发明的目的可通过下列技术方案来实现：一种添加铈的钕铁硼磁体，其组成成分及质量百分比为：PrNd：28.6％－28.9％、Ce：2.90％－3.10％、B：0.95％－0.98％、Al：0.75％－0.85％、Cu：0.19％－0.22％、余量为 Fe。

[0007] 相较于现有技术，本发明通过添加 Ce 来取代重稀土 Gd，并降低 PrNd 合金的用量，大大降低了成产成本；而且 Al、Cu 的加入，通过它们在磁体中的发挥的作用，一方面可以有效提高 NdFeB 磁体的矫顽力，另一方面则可以提高 NdFeB 磁体的耐腐蚀性。

[0008] 在本发明钕铁硼磁体中，在以 PrNd 合金、B 和 Fe 为主要原料的基础上复配加入 Al 和 Cu，它们能大部分或者完全进入晶界相，使得晶界相具有更好的磁去耦效应，有效提高 NdFeB 磁体的矫顽力，并改善 NdFeB 磁体的耐腐蚀性能，同时也可以改善 NdFeB 磁体的抗弯强度、抗冲击韧性等力学性能。一方面 Al 在晶粒的边界可以起到很好的润湿作用，另一方

面 Al 在晶粒的边界会形成新的含 Al 的富钕相，使得晶粒的边界变得更为清晰，从而有效减弱晶粒间的交换耦合的退磁作用，不仅大大提高了磁体的矫顽力，而且减弱了 NdFeB 磁体的剩磁和磁能积的负面影响。而 Cu 不仅可以进入主相，通过提高 NdFeB 磁体的单轴各向异场性来提高其矫顽力，还可以细化晶粒使得晶粒的比表面积增加，从而使得富钕相分布更加均匀，更有利于提高其矫顽力。此外，由于磁体各相的化学成分的差异会导致其电化学电位各不相同，这些相在较高的温度和湿度的环境中会互相接触从而在相之间组成腐蚀微电池并加速腐蚀，因此 Al 和 Cu 的加入能有效防止这种腐蚀现象的发生。但是为了 Al 和 Cu 防止的加入量过多，反而会降低 NdFeB 磁体的磁性能，本发明将 Al 和 Cu 的加入量分别控制在 0.75％ -0.85％和 0.19％ -0.22％。而在这些原料的基础上添加稀土金属 Ce，一方面可以有效提高 NdFeB 磁体的矫顽力，另一方面则取代价格昂贵的重稀土 Gd 的使用，并且可以使得 PrNd 合金的用量减少，有效降低了 NdFeB 磁体的生产成本。

[0009] 在本发明钕铁硼磁体中，在以 PrNd 合金、B 和 Fe 为主要原料的基础上，复配加入 Al、Cu 以及稀土金属 Ce，通过它们在 NdFeB 磁体中的协同作用，得到矫顽力、剩磁和磁能积均较高，耐腐蚀性好、力学性能好的 NdFeB 磁体。

[0010] 进一步地，作为优选，所述添加铈的钕铁硼磁体的组成元素及质量百分比为：PrNd :28.8％、Ce :3.00％、B :0.96％、Al :0.80％、Cu :0.20％、余量为 Fe。

[0011] 本发明还提供一种制备上述的添加铈的钕铁硼磁体的方法，所述的制备方法包括如下步骤：

[0012] S1、配料与熔炼：按照上述的添加铈的钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比进行配料，然后送入真空速凝熔炼炉后抽真空到 10^{-3}Pa-10^{-2}Pa，停止抽真空并充入氩气达到 0.042-0.050MPa 后进行熔炼，待炉料完全熔化后进行鳞片浇铸得到厚度为 0.30-0.50mm 的甩带片；

[0013] S2、氢破碎和气流磨处理：将上述甩带片经过氢破碎处理得到平均粒径为 12μm-15μm 的碎粉，然后加入抗氧化剂进行气流磨制得平均粒径为 3.5μm-4.5μm 的细粉末；

[0014] S3、压制和烧结：向上述细粉末中加入润滑剂，在氮气的保护气氛下用 3.5T-4.0T 的脉冲磁场、190-200MPa 的压力取向并压制成型，然后经过放电等离子烧结工艺得到钕铁硼磁体坯件；

[0015] S4、回火热处理：将上述钕铁硼磁体坯件进行二级回火热处理得到钕铁硼磁体成品；其中第一级回火热处理的温度为 860-920℃，保温时间为 3.0-3.5h，第二级回火热处理的温度为 520-600℃，保温时间为 3.5-4.0h。

[0016] 在上述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法中，步骤 S1 中所述的炉料为 Pr 含量为 22％ -25％的镨钕合金、Ce 含量为 10％ -15％的铈铁合金、B 含量为 15％ -20％的硼铁合金、工业铝锭、铁锭以及电解铜。

[0017] 在上述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法中，步骤 S1 中所述的鳞片浇铸的过程中的冷却辊转速为 2.55m/s-2.65m/s。在传统水冷铜铸模铸锭工艺中，由于冷却速度较慢而不能抑制包晶反应，使得铸锭中存在较多 α -Fe 相，从而导致主相的比例减少，富钕相分布不均匀，不利于 NdFeB 磁体的磁性能的提高等不良现象的发生。因此，为了有效防止上述不良现象的发生，本发明钕铁硼磁体的制备方法中摒弃了传统工艺而采用速凝薄带铸锭工艺

得到甩带片。而在速凝薄带铸锭工艺中，鳞片浇铸过程中的冷却辊转速对于最终磁体的磁性能特别是剩磁有很大的影响。如果冷却辊的转速过低，甩带片结晶组织中成分发生偏析，部分 α-Fe 相析出后，会形成多余的富钕相和其它的非磁性相，导致主相所占体积减少，从而降低剩磁；若冷却辊的转速过高，则会在制得粉末后形成大量多晶颗粒，从而降低剩磁。因此，为了获得高磁性能的 NdFeB 磁体，本发明将鳞片浇铸过程中的冷却辊转速控制在合适的范围。此外，在将炉料装进真空速凝熔炼炉后，进行熔炼之前要先送电进行预热，以排除炉料的吸附气体、有机物等，从而使得最终可得到高质量的 NdFeB 磁体。

[0018] 在上述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法中，步骤 2 中所述的氢破碎处理中脱氢反应的加热温度为 450-580℃，加热时间为 190-230min。与机械破碎制粉工艺相比，氢破碎工艺能够通过减少制粉过程中穿晶断裂的比例保持晶粒的完整性，并能抑制烧结过程中晶粒的异常长大，从而有效改善磁体的综合性能。对于氢破碎工艺，其主要原理为富钕相和 $Nd_2Fe_{14}B$ 相先后吸氢，导致体积膨胀，而由于两者膨胀率的不同，导致在晶粒交界处产生内应力，合金则优先沿着晶界出现裂纹经外力作用破碎为单晶颗粒。本发明钕铁硼磁体的制备方法中的氢破碎处理包括吸氢和脱氢两个过程，即先将甩带片转入反应容器中并通入氢气至 0.20-0.22MPa（压力为常温状态下的压力）使其吸氢，直到不再吸氢后将反应器放入 450-580℃的炉中加热进行脱氢反应并抽真空，保持 190-230min 后停止加热并充入氩气，对反应器采用循环水冷却，冷却水温度为 60-80℃，冷却至室温后得到碎粉。在本发明中，在氢破碎处理之后，往碎粉中加入抗氧剂后再进行气流磨，这使得制得的 NdFeB 磁体具有更好的抗氧化性。其中，所述抗氧化剂为三乙醇胺硼酸酯、N- 十二烷基双季铵盐、硬脂酸甘油酯的一种或者多种，其用量为 0.040-0.045％。

[0019] 在上述的添加铈的钕铁硼磁体的制备方法中，为了减少粉末颗粒之间的摩擦，防止粉末颗粒团聚从而改善粉末的流动性，在气流磨之后加入润滑剂再进行取向压制。但是润滑剂的加入量不能过多，否则会导致在烧结时难于完全脱出反而降低了磁体剩磁和磁能积，因此本发明中将润滑剂的添加量控制在 0.030％ -0.035％。其中，所述润滑剂为脂肪醇聚乙烯醚、油酸甘油酯和十二烷基硫酸钠中的一种或多种。在取向并压制过程之后，本发明采用放电等离子烧结工艺得到钕铁硼磁体坯件，其中烧结气氛为真空度为 0.01Pa-0.02Pa 或者氩气气氛，烧结压力为 35-45MPa，烧结温度为 700-780℃，升温速率为 130-180℃ /min，保温时间为 5-8min。放电等离子烧结工艺是利用直流脉冲通电烧结的加压烧结方法，其可在真空或者保护气氛中进行，具有升温速度快、烧结时间短、烧结温度低、晶粒均匀、有利于控制烧结体的细微结构，且操作简单、安全可靠、节约能源、成本低等优点。在本发明钕铁硼磁体的制备方法中，烧结温度、烧结压力、升温速率以及保温时间对所制得的 NdFeB 磁体的质量都有重要影响，这些参数的不合理设置均会降低最终 NdFeB 磁体的质量。升温速度过快、烧结温度过高，使得晶粒生长速度快而导致晶粒异常大，降低磁体的性能，反之则达不到磁体的质量要求；烧结压力适量增大可以有效抑制晶粒的长大并降低烧结温度，但是烧结压力过大，反而会使得降低致密度和这些有益效果；保温时间过长，会使晶粒在这段时间内急剧长大，降低磁性能，保温时间过短则会导致磁体的致密度降低，因此本发明将烧结温度、烧结压力、升温速率以及保温时间均控制在合适的范围。此外，在本发明钕铁硼磁体的制备方法中，在烧结后对磁体进行二级回火热处理和表面处理，使得最终钕铁硼磁体具有更好的综合性能。其中，表面处理为本领域常见的表面处理过程。

[0020] 与现有技术相比，本发明具有以下有益效果：

[0021] 1）本发明添加铈的钕铁硼磁体，在以 PrNd 合金、B 和 Fe 为主要原料的基础上，用 Ce 取代 Gd 和部分 PrNd，再复配加入 Al 和 Cu，通过它们在 NdFeB 磁体中的协同作用和合理配置，使得到的 NdFeB 磁体具有较高的矫顽力、剩磁和磁能积，耐腐蚀性好、力学性能好，且生产成本低。

[0022] 2）本发明添加铈的钕铁硼磁体的制备方法简单可行，采用速凝薄带、氢破碎、放电等离子烧结等技术，以及工艺参数的合理设定，得到的 NdFeB 磁体的综合性能好。

具体实施方式

[0023] 以下是本发明的具体实施例，对本发明的技术方案作进一步的描述，但本发明并不限于这些实施例。

[0024] 表 1：实施例 1-3 用于制备添加铈的钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比

[0025]

组成成分及质量百分比 / 实施例	实施例 1	实施例 2	实施例 3
PrNd	28.60%	28.80%	28.90%
Ce	2.90%	3.00%	3.10%
B	0.95%	0.96%	0.98%
Al	0.75%	0.80%	0.85%
Cu	0.19%	0.20%	0.22%
Fe	余量	余量	余量

[0026] 实施例 1

[0027] 配料与熔炼：按照表 1 实施例 1 中所述的添加铈的钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比进行配料，然后送入真空速凝熔炼炉并送电进行预热，然后抽真空到 10^{-3}Pa-10^{-2}Pa，停止抽真空并充入高纯氩气（含量≥ 99.99％）达到 0.042MPa 后进行熔炼，待炉料完全熔化后以 2.55m/s 的冷却辊转速进行鳞片浇铸得到平均厚度为 0.30-0.50mm 的甩带片；其中所述的炉料为 Pr 含量为 22％ -25％的镨钕合金、Ce 含量为 10％ -15％的铈铁合金、B 含量为 15％ -20％的硼铁合金、工业铝锭、铁锭以及电解铜。

[0028] 氢破碎和气流磨处理：将上述甩带片经过氢破碎处理得到平均粒径为 12μm 的碎粉，然后加入 0.040％的硬脂酸甘油酯进行气流磨制得平均粒径为 3.5μm 的细粉末，用搅拌机搅拌 2.0h；

[0029] 其中，氢破碎处理包括吸氢和脱氢两个过程，即先将甩带片转入反应容器中并通入高纯氢气（含量≥ 99.99％）氢气至 0.20MPa（压力为常温状态下的压力）使其吸氢，直到不再吸氢后将反应器放入 450℃的炉中加热进行脱氢反应并抽真空，保持 190min 后停止加热并充入氩气，对反应器采用循环水冷却，冷却水温度为 60℃，冷却至室温后得到碎粉。

[0030] 压制和烧结：向上述搅拌好的细粉末中加入 0.030％的脂肪醇聚乙烯醚，在氮气的保护气氛下用 3.5T 的脉冲磁场、190MPa 的压力取向并压制成型，然后经过放电等离子烧

结工艺得到钕铁硼磁体坯件；其中放电等离子烧结工艺中烧结气氛为氩气气氛，烧结压力为35MPa，烧结温度为700℃，升温速率为130℃/min，保温时间为5min。

[0031] 回火热处理：将上述钕铁硼磁体坯件进行二级回火热处理和表面处理得到钕铁硼磁体成品；其中第一级回火热处理的温度为860℃，保温时间为3.0h，第二级回火热处理的温度为520℃，保温时间为3.5h。

[0032] 实施例2

[0033] 配料与熔炼：按照表1实施例2中所述的添加铈的钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比进行配料，然后送入真空速凝熔炼炉并送电进行预热，然后抽真空到5×10^{-3}Pa，停止抽真空并充入高纯氩气（含量≥99.99%）达到0.044MPa后进行熔炼，待炉料完全熔化后以2.60m/s的冷却辊转速进行鳞片浇铸得到平均厚度为0.40mm的甩带片；其中所述的炉料为Pr含量为22%-25%的镨钕合金、Ce含量为10%-15%的铈铁合金、B含量为15%-20%的硼铁合金、工业铝锭、铁锭以及电解铜。

[0034] 氢破碎和气流磨处理：将上述甩带片经过氢破碎处理得到平均粒径为13μm的碎粉，然后加入0.020%的三乙醇胺硼酸酯和0.020%的硬脂酸甘油酯进行气流磨制得平均粒径为4.0μm的细粉末，用搅拌机搅拌2.5h；

[0035] 其中，氢破碎处理包括吸氢和脱氢两个过程，即先将甩带片转入反应容器中并通入高纯氢气（含量≥99.99%）氢气至0.21MPa（压力为常温状态下的压力）使其吸氢，直到不再吸氢后将反应器放入520℃的炉中加热进行脱氢反应并抽真空，保持210min后停止加热并充入氩气，对反应器采用循环水冷却，冷却水温度为70℃，冷却至室温后得到碎粉。

[0036] 压制和烧结：向上述搅拌好的细粉末中加入0.035%的十二烷基硫酸钠，在氮气的保护气氛下用4.0T的脉冲磁场、200MPa的压力取向并压制成型，然后经过放电等离子烧结工艺得到钕铁硼磁体坯件；其中放电等离子烧结工艺中烧结气氛为真空度为0.015Pa气氛，烧结压力为40MPa，烧结温度为700℃，升温速率为150℃/min，保温时间为6min。

[0037] 回火热处理：将上述钕铁硼磁体坯件进行二级回火热处理和表面处理得到钕铁硼磁体成品；其中第一级回火热处理的温度为880℃，保温时间为3.5h，第二级回火热处理的温度为570℃，保温时间为4.0h。

[0038] 实施例3

[0039] 配料与熔炼：按照表1实施例3中所述的添加铈的钕铁硼磁体的组成成分及质量百分比进行配料，然后送入真空速凝熔炼炉并送电进行预热，然后抽真空到10^{-2}Pa，停止抽真空并充入高纯氩气（含量≥99.99%）达到0.050MPa后进行熔炼，待炉料完全熔化后以2.65m/s的冷却辊转速进行鳞片浇铸得到平均厚度为0.50mm的甩带片；其中所述的炉料为Pr含量为22%-25%的镨钕合金、Ce含量为10%-15%的铈铁合金、B含量为15%-20%的硼铁合金、工业铝锭、铁锭以及电解铜。

[0040] 氢破碎和气流磨处理：将上述甩带片经过氢破碎处理得到平均粒径为15μm的碎粉，然后加入0.045%的三乙醇胺硼酸酯进行气流磨制得平均粒径为4.5μm的细粉末，用搅拌机搅拌2.5h；

[0041] 其中，氢破碎处理包括吸氢和脱氢两个过程，即先将甩带片转入反应容器中并通入高纯氢气（含量≥99.99%）氢气至0.22MPa（压力为常温状态下的压力）使其吸氢，直到不再吸氢后将反应器放入580℃的炉中加热进行脱氢反应并抽真空，保持230min后停止

加热并充入氩气，对反应器采用循环水冷却，冷却水温度为 80℃，冷却至室温后得到碎粉。

[0042] 压制和烧结：向上述搅拌好的细粉末中加入 0.015％的油酸甘油酯和 0.015％的十二烷基硫酸钠，在氮气的保护气氛下用 4.0T 的脉冲磁场、195MPa 的压力取向并压制成型，然后经过放电等离子烧结工艺得到钕铁硼磁体坯件；其中放电等离子烧结工艺中烧结气氛为氩气气氛，烧结压力为 45MPa，烧结温度为 780℃，升温速率为 180℃ /min，保温时间为 8min。

[0043] 回火热处理：将上述钕铁硼磁体坯件进行二级回火热处理和表面处理得到钕铁硼磁体成品；其中第一级回火热处理的温度为 920℃，保温时间为 3.2h，第二级回火热处理的温度为 600℃，保温时间为 3.8h。

[0044] 将实施例 1-3 中制得的钕铁硼磁体进行性能测试，并与未添加 Ce，但其他条件与实施例 1-3 相同而制得的钕铁硼磁体的性能进行比较，结果如表 2 所示。

[0045] 表 2：本发明实施例 1-3 制得的钕铁硼磁体与未添加 Ce 的钕铁硼磁体的性能比较结果

[0046]

实施例 / 性能	实施例 1	实施例 2	实施例 3	对比例 1	对比例 2	对比例 3
Br（KGs）	13.3	12.8	13.0	13.5	13.0	13.2
H_{cj}（KOe）	17.2	17.9	17.4	12.0	12.5	12.1
（BH）max（MGOe）	46.0	45.5	45.7	46.2	45.7	45.8
HK/H_{cj}（%）	97.0	97.8	97.3	93.0	93.5	93.2

[0047] 对比例 1-3 均为未添加 Ce，但其他条件与实施例 1-3 相同而制得的钕铁硼磁体。

[0048] 综上所述，本发明添加铈的钕铁硼磁体采用合理的化学成分，并用 Ce 取代 Gd 和部分 PrNd，通过各个成分的合理配置和协同作用，得到的钕铁硼磁体与未添加 Ce 的钕铁硼相比，其矫顽力提高明显，剩磁以及磁能积下降很少，退磁曲线矩形度高则磁性能更加稳定，且耐腐蚀性等综合性能好，其制备方法简单、生产成本较低。

[0049] 本文中所描述的具体实施例仅仅是对本发明精神作举例说明。本发明所属技术领域的技术人员可以对所描述的具体实施例做各种修改或补充或采用类似的方式替代，但并不会偏离本发明的精神或者超越所附权利要求书所定义的范围。