



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108122653 B

(45)授权公告日 2019.11.12

(21)申请号 201711398623.9

C22C 38/16(2006.01)

(22)申请日 2017.12.21

C22C 33/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108122653 A

(43)申请公布日 2018.06.05

(73)专利权人 宁波金轮磁材技术有限公司

地址 315300 浙江省宁波市慈溪市宗汉街道百两村

(56)对比文件

CN 203325624 U,2013.12.04,

CN 1842385 A,2006.10.04,

CN 101794657 A,2010.08.04,

CN 103310943 A,2013.09.18,

CN 105957679 A,2016.09.21,

审查员 雷志威

(72)发明人 赵渭敏 于博 赵胤杰

(74)专利代理机构 北京维正专利代理有限公司

11508

代理人 黄勇

(51)Int.Cl.

H01F 1/057(2006.01)

H01F 1/08(2006.01)

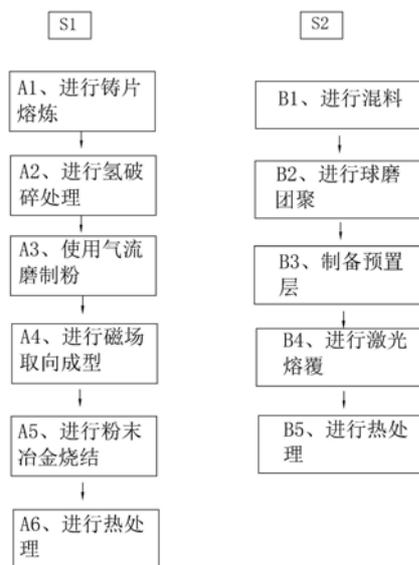
权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种高性能含镨钕铁硼磁材及其制备方法

(57)摘要

本发明涉及钕铁硼永磁体材料领域,特别涉及一种高性能含镨钕铁硼磁材及其制备方法,包括磁材本体和设置在磁材本体表面的的防腐蚀层,磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe;防腐蚀层包括6-8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1-1.5wt%的Cr和3-4.5wt%的B,其余为Fe;高性能含镨钕铁硼磁材的制备方法包括:S1、制备磁材本体,S2、制备防腐蚀层。通过本制备方法制备出的高性能含镨钕铁硼磁材,具有磁性性能好,耐腐蚀性能好的优点。



1. 一种高性能含镝钕铁硼磁材,包括磁材本体和设置于所述磁材本体表面的防腐蚀层,其特征在于,所述磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe;

所述磁材本体还包括0.1-0.15wt%的Zr和2-6wt%的Ni;

所述防腐蚀层包括6-8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1-1.5wt%的Cr和3-4.5wt%的B,其余为Fe。

2. 根据权利要求1所述的一种高性能含镝钕铁硼磁材,其特征在于,所述磁材本体包括20.28wt%的Pr、7.74wt%的Nd、4.87wt%的Dy、1.06wt%的B、0.73wt%的N、0.16wt%的Cu、0.15wt%的Zr和6wt%的Ni,其余为Fe。

3. 根据权利要求1所述的一种高性能含镝钕铁硼磁材,其特征在于,所述防腐蚀层包括7.22wt%的Ni、17.28wt%的Zn、1.32wt%的Cr和3.86wt%的B,其余为Fe。

4. 根据权利要求1所述的一种高性能含镝钕铁硼磁材的制备方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、将Pr、Nd、Dy、B、N、Cu、Zr、Ni、Fe按比例配比成混合粉末一,制备磁材本体:

A1、进行铸片熔炼,将磁材本体的混合粉末一投入高频真空感应速凝铸片炉中,在1000-1450℃的条件下进行真空熔炼,融化成钢水,将钢水浇铸在通有冷却水的铜辊上,通过调整铜辊的转速,使凝固的铸片其厚度约为0.25mm;

A2、进行氢破碎处理,用球磨机将Dy-Fe合金研磨至10-15 μ m,将铸片切割成3-5cm的小块并与研磨后的Dy-Fe合金共同投入氢碎炉中进行氢破碎;

A3、使用气流磨制粉,将氢破碎后的混合粉末一使用气流磨进行打磨至粒度为3-5 μ m的细粉;

A4、进行磁场取向成型,将细粉进行均匀混合,并投入到成型压模机中,在在磁场强度为2-6T、压力为30-70MPa、氮气气氛的条件下取向成型,再在160-220MPa的压力条件下进行等静压,保持10-20S得到坯件;

A5、进行粉末冶金烧结,将坯件放入高真空烧结炉内,在氮气气氛且温度为1040-1090℃的条件下烧结4-5h,形成坯块;

A6、进行热处理,连续进行两次回火,一级回火:将坯块放入热处理炉内,将热处理炉温度升高至850-950℃(一级回火温度),真空保温1-3h,之后坯块随炉冷却至室温,再进行二级回火:将热处理炉温度升高至500-620℃(二级回火温度),在热处理炉内通入氩气,真空保温10-12h,再随炉冷却至室温;

S2、将Ni、Zn、Cr、B、Fe按比例配比,制备防腐蚀层:

B1、进行混料;将Ni、Zn、Cr、B、Fe粉末按比例进行均匀混合,形成混合粉末二;

B2、进行球磨团聚;对混合粉末二使用球磨机进行研磨,并加入无水乙醇作为粘结剂进行均匀混合,制成团聚物;

B3、制备预置层;将团聚物均匀涂覆在磁材本体的表面,形成预置层,并阴干;

B4、进行激光熔覆;对磁材本体及团聚物进行激光熔覆,通入氩气作为保护气体,熔覆后使用硅酸铝保温材料覆盖熔覆区域,并缓慢冷却;

B5、进行热处理;对带有防腐蚀层的含镝钕铁硼磁材进行时效处理。

5. 根据权利要求4所述的一种高性能含镝钕铁硼磁材的制备方法,其特征在于,A2中氢

破碎后铸片粉末的粒度为100 μm 。

6. 根据权利要求4所述的一种高性能含镉钕铁硼磁材的制备方法,其特征在于,A6中通入氨气时,氨气从坯块的两侧吹入,热处理炉内抽真空泵的吸风口位于坯块的斜上方。

7. 根据权利要求6所述的一种高性能含镉钕铁硼磁材的制备方法,其特征在于,抽真空泵的吸风口呈环形设置,其圆心位于坯块的正上方。

一种高性能含镧钕铁硼磁材及其制备方法

技术领域

[0001] 本发明涉及钕铁硼永磁体材料领域,特别涉及一种高性能含镧钕铁硼磁材及其制备方法。

背景技术

[0002] 钕铁硼磁材是迄今发现的磁性最强的永磁材料,并以其优良的磁性得到了越来越多的应用,被广泛应用于医疗核磁共振成像、计算机硬盘驱动器、音响、手机等方面;随着节能和低碳经济的要求,钕铁硼磁材开始在汽车零部件、家用电气、航空航天等领域产生越来越大的作用。

[0003] 矫顽力是指磁性材料在保护磁化后,当外磁场退回到零时,其磁感应强度B并不退到零,只有在原磁化场相反方向加上一定大小的磁场才能使其磁感应强度退回到零,该磁场称为矫顽磁场,又称矫顽力。因而矫顽力越大意味着永磁体材料的保持磁性的能力越强,矫顽力是永磁体材料质量的一项重要评估指标。

[0004] 通过传统方法进行钕铁硼磁材的制备,由于由于烧结后的冷却过程中冷却速度比较快,部分固溶在富Nd液相中的基体相来不及完全析出,因而边界结构区为非平衡组织,该区域的成分与晶体结构均不同于主相,各向异性场低,从而导致磁体的矫顽力较低。而且由于冷却速度快,富Nd相分布不均,产生大量颗粒团聚,主相数量的减少及富Nd相不能完全沿主相晶界析出导致的去磁耦合作用降低,使得烧结态磁体磁性能(特别是矫顽力)不佳,从而降低了钕铁硼磁材的质量。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种高性能含镧钕铁硼磁材及其制备方法,其优势在于,通过本制备方法生产出的含镧钕铁硼磁材,磁性性能好且耐腐蚀性强。

[0006] 本发明的上述技术目的是通过以下技术方案得以实现的:

[0007] 一种高性能含镧钕铁硼磁材,包括磁材本体和设置于所述磁材本体表面的防腐蚀层,其中所述磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe。

[0008] 通过采用上述技术方案,当磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe时,其剩磁均大于13.2KGs、矫顽力均大于25.2K0e、最大磁能积均大于38.2MG0e,磁材本体具有良好磁性性能。

[0009] 作为优选,所述磁材本体还包括0.1-0.15wt%的Zr和2-6wt%的Ni。

[0010] 通过采用上述技术方案,当磁材本体中加入0.1-0.15wt%的Zr和2-6wt%的Ni时,磁材本体的耐腐蚀性能显著提高。

[0011] 作为优选,所述防腐蚀层包括6-8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1-1.5wt%的Cr和3-4.5wt%的B,其余为Fe。

[0012] 通过采用上述技术方案,当防腐蚀层包括6-8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1-1.5wt%的Cr和3-4.5wt%的B,其余为Fe时,带有防腐蚀层的含镝钕铁硼磁材相对不带防腐蚀层的含镝钕铁硼磁材,其耐腐蚀性能显著提高。

[0013] 一种高性能含镝钕铁硼磁材的制备方法,包括以下步骤:

[0014] S1、制备磁材本体:

[0015] A1、进行铸片熔炼,将Pr、Nd、Dy、B、N、Cu、Zr、Ni、Fe按比例进行均匀混合成混合粉末一,将混合粉末一投入高频真空感应速凝铸片炉中,在1000—1450℃的条件下进行真空熔炼,融化成钢水,将钢水浇铸在通有冷却水的铜辊上,通过调整铜辊的转速,使凝固的铸片其厚度约为0.25mm;

[0016] A2、进行氢破碎处理,用球磨机将Dy-Fe合金研磨至10-15 μm ,将铸片切割成3-5cm的小块并与研磨后的Dy-Fe合金共同投入氢碎炉中进行氢破碎;

[0017] A3、使用气流磨制粉,将氢破碎后的混合粉末一使用气流磨进行打磨至粒度为3-5 μm 的细粉;

[0018] A4、进行磁场取向成型,将细粉进行均匀混合,并投入到成型压模机中,在在磁场强度为2-6T、压力为30-70MPa、氮气气氛的条件下取向成型,再在160-220MPa的压力条件下进行等静压,保持10-20S得到坯件;

[0019] A5、进行粉末冶金烧结,将坯件放入高真空烧结炉内,在氮气气氛且温度为1040-1090℃的条件下烧结4-5h,形成坯块;

[0020] A6、进行热处理,连续进行两次回火,一级回火:将坯块放入热处理炉内,将热处理炉温度升高至850-950℃(一级回火温度),真空保温1-3h,之后坯块随炉冷却至室温,再进行二级回火:将热处理炉温度升高至500-620℃(二级回火温度),在热处理炉内通入氨气,真空保温10-12h,再随炉冷却至室温。

[0021] S2、制备防腐蚀层:

[0022] B1、进行混料;将Ni、Zn、Cr、B、Fe粉末按比例进行均匀混合,形成混合粉末二;

[0023] B2、进行球磨团聚;对混合粉末二使用球磨机进行研磨,并加入无水乙醇作为粘结剂进行均匀混合,制成团聚物;

[0024] B3、制备预置层;将团聚物均匀涂覆在磁材本体的表面,形成预置层,并阴干;

[0025] B4、进行激光熔覆;对磁材本体及团聚物进行激光熔覆,通入氩气作为保护气体,熔覆后使用硅酸铝保温材料覆盖熔覆区域,并缓慢冷却;

[0026] B5、进行热处理;对带有防腐蚀层的含镝钕铁硼磁材进行时效处理。

[0027] 通过采用上述技术方案,通过S1得到磁材本体,通过A1,形成了铸片,为磁材本体的制备做准备;通过A2,将铸片通过氢破碎形成粉末,氢破碎后,铸片内晶体沿晶界断裂,有效保护了晶体的完整性,同时制成的粉末成规则的多面体形貌,改善了粉末的粒度分布;通过A3,得到粒度为3-5 μm 的细粉,且细粉均为单晶体结构,不会出现双晶颗粒,且在每个细粉颗粒表面都有富钕相薄层,保证在烧结时完全液相烧结,铸片粉末均匀的包覆在Dy-Fe合金粉末外部,从而进一步提高了铸片粉末与Dy-Fe合金粉末接触面积,为后续Dy-Fe合金粉末与铸片粉末的置换反应提供了便利的条件,同时,防止了由于Dy与Nd置换后产生的Dy₂Fe₁₄B阻碍剩余的Dy与铸片粉末继续发生反应,不仅提高了反应速率,也使置换反应十分彻底,因而反应后的混合粉末一结构均一,化学性能稳定;通过A4,使细粉颗粒具有确定的磁场方

向;通过A5,使细粉颗粒形成坯件;通过A6,提高坯件的硬度和强度,以确保坯件形状的稳定性,在回火前,钕铁硼磁材是非晶态组织,容易形成反磁化畴的形核中心,因此非晶态时,其矫顽力较低,经过一级回火,钕铁硼磁材由非晶态转化为晶态,并发生共晶转变,其反应如下:

[0028] 非晶态→晶化(三元共晶)→ $\text{Nd}_2\text{Fe}_{12}\text{B}+\text{Nd}_8\text{Fe}_{27}\text{B}_{24}$ +富Nd相,从而提高了钕铁硼磁材的矫顽力。同时,在回火时,钕铁硼磁材容易与氧气发生氧化反应,造成钕铁硼磁材的表面产生氧化层,因而一级回火时采用真空条件。

[0029] 通过二级回火,细化了钕铁硼晶粒,富Nd相的细化程度提高,并且其组织也更加均匀,进一步提高了钕铁硼磁材的矫顽力。由于一级回火时,温度较高,钕铁硼磁材在冷却时脆性增大,二级回火后,回火组织转变为回火托氏体,消除了内应力,因而提高了钕铁硼磁材的韧性。在氨气气氛下进行二级回火,氨气在500-620℃分解为氮气与氢气,其中氮气为原子状态的N,使得磁材本体内的Cr与原子状态的N发生反应,产生一层致密的CrN保护层,从而提高了钕铁硼磁材表面的耐磨性能和耐腐蚀性能,而氨气分解后产生的氢气,在热处理炉内可与磁材本体表面的氧化铁、氧化铜发生还原反应,清洁坯块的表面,生成的水分子发生升华,并被热处理炉内的抽真空泵吸出。

[0030] 通过S2在磁材本体上制备防腐蚀层,提高了含镧钕铁硼磁材的耐腐蚀性能;加入Cr、Ni元素提高了防腐蚀层的电极电位,防止了原电池反应的发生,进而提高了防腐蚀层的耐腐蚀性能,另一方面提高了防腐蚀层的的淬透性,提高了热处理的效果;加入Zn后,Zn的电极电位为-0.762V,Fe的电极电位为-0.441V,因而Zn能对Fe起到阳极保护作用,而Ni的电极电位为-0.250V,因而通过调整Zn与Ni的成分,可使防腐蚀层与磁材本体间的电极电位变小,形成原电池的电动势也减小,延缓了防腐蚀层的腐蚀速度;在激光条件下,防腐蚀层的Cr与B发生原位自生反应,生成CrB与 CrB_2 ,使得防腐蚀层的致密程度大大增加,进一步提高了涂层对于磁材本体的保护作用;同时防腐蚀层的Cr与磁材本体的B也发生原位自生反应,生成CrB与 CrB_2 ,使得防腐蚀层与磁材本体的接触部相融合,因而使防腐蚀层与磁材本体的结合强度大大增加。

[0031] 作为优选,A2中氢破碎后铸片粉末的粒度为100 μm ;

[0032] 通过采用上述技术方案,经过氢破碎后,铸片粉末与Dy-Fe合金粉末进行了充足的预混合,使得铸片粉末包裹在Dy-Fe合金粉末外部,从而使铸片粉末与Dy-Fe合金粉末充分接触。

[0033] 作为优选,A6中通入氨气时,氨气从坯块的两侧吹入,热处理炉内抽真空泵的吸风口位于坯块的斜上方。

[0034] 通过采用上述技术方案,氨气在热处理炉内分解成氮气与氢气,氨气从坯块的两侧吹入,氨气从两侧均匀的喷向坯块,因而氨气分解后的氮气可均匀的包裹在坯块的周围,所形成的CrN保护层厚度均匀,提高了CrN保护层对坯块的保护作用,氢气则与坯块表面的氧化铁、氧化铜等氧化物反应后生成的水分子经斜上方的吸风口排出热处理炉。由于热处理炉处于真空状态,氮气、氢气向下沉积,吸风口设置在坯块的斜上方,可延长氢气、氮气与坯块的接触时间,提高了CrN保护层的生成效率和氢气与氧化物还原反应的效率。

[0035] 作为优选,抽真空泵的吸风口与氨气吹气口均呈环形设置,且两者的圆心处于同一轴线上。

[0036] 通过采用上述技术方案,氨气吹气口的环形设置,使氨气更加均匀的包裹在坯块的周围,使所形成的CrN保护层厚度更加均匀,进一步提高了CrN保护层对坯块的保护作用;吸风口的环形设置,使升华的水分子及过量的氮气与氢气及时排出热处理炉外,防止热处理炉内压力过大,氨气吹气口与抽真空泵的吸风口的圆心处于同一轴线上,使得坯件各个方向周围新鲜氨气的吹入与升华的水分子及过量的氮气、氢气排出形成一个稳定均匀的循环,使坯块表面各处的反应速度一致,进而使坯块表面的结构均一稳定。

[0037] 作为优选,所述磁材本体包括20.28wt%的Pr、7.74wt%的Nd、4.87wt%的Dy、1.06wt%的B、0.73wt%的N、0.16wt%的Cu、0.15wt%的Zr和6wt%的Ni,其余为Fe。

[0038] 通过采用上述技术方案,当磁材本体包括20.28wt%的Pr、7.74wt%的Nd、4.87wt%的Dy、1.06wt%的B、0.73wt%的N、0.16wt%的Cu、0.15wt%的Zr和6wt%的Ni,其余为Fe时,其剩磁为13.26KGs、矫顽力为26.18KOe、最大磁能积均为39.26MG0e,剩磁均大于13.2KGs、矫顽力均大于25.2KOe、最大磁能积均大于38.2MG0e,磁材本体具有良好的磁性性能。

[0039] 作为优选,所述防腐层包括7.22wt%的Ni、17.28wt%的Zn、1.32wt%的Cr和3.86wt%的B,其余为Fe。

[0040] 通过采用上述技术方案,当防腐层包括7.22wt%的Ni、17.28wt%的Zn、1.32wt%的Cr和3.86wt%的B,其余为Fe时,带有防腐层的含镨钕铁硼磁材耐腐蚀性相对于没有防腐层的含镨钕铁硼磁材其耐腐蚀性显著提升。

[0041] 综上所述,本发明具有以下有益效果:

[0042] 磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu、0.1-0.15wt%的Zr和2-6wt%的Ni其余为Fe,使磁材本体具有良好的磁性性能和耐腐蚀性能;在磁材本体上设置防腐层,防腐层包括6-8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1-1.5wt%的Cr和3-4.5wt%的B,其余为Fe,从而该防腐层能显著提高含镨钕铁硼磁材的耐腐蚀性能。

附图说明

[0043] 图1为磁材本体及防腐层的制备流程图。

具体实施方式

[0044] 以下结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0045] 一种高性能含镨钕铁硼磁材,包括磁材本体和设置于磁材本体表面的防腐层,磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe;磁材本体中还可加入0.1-0.15wt%的Zr和2-6wt%的Ni。

[0046] 参考附图1,S1、制备磁材本体:

[0047] A1、进行铸片熔炼:

[0048] (1) 配料

[0049] 预购含镨钕铁硼磁材的制备原料,将Pr、Nd、Dy、B、N、Cu、Fe按照如表1中的比例配比成混合粉末M,并使用V型混料机对混合粉末M混合15min;在混合粉末M中加入Zr和Ni形成混合粉末一,分别使用混合粉末M与混合粉末一制备磁材本体,混合粉末M与混合粉末一的

化学成分如表1所示。

[0050] (2) 熔炼与浇铸

[0051] 将混合粉末M与混合粉末一分别投入高频真空感应速凝铸片炉中,在1000-1450℃的条件下进行真空熔炼,融化成钢水,并通过电磁搅拌强化钢水的对流、传热和传质过程,将经过电磁搅拌的钢水浇铸在同有冷却水的铜辊上,通过调整铜辊的转速,使凝固的铸片其厚度约为0.25mm。

[0052] A2、进行氢破碎处理:

[0053] 用球磨机将Dy-Fe合金研磨至10-15 μ m,将铸片切割成3-5cm的小块并与研磨后的Dy-Fe合金共同投入氢碎炉中,进行氢破碎,形成粒度为100 μ m左右的铸片粉末;

[0054] 在氢破碎的过程中发生如下反应:在30MPa的压强和低于200℃的条件下,铸片合金发生吸氢反应。钕铁硼磁材由Nd₂Fe₁₄B主相和富Nd相构成,发生如下吸氢反应与部分Dy与Nd₂Fe₁₄B发生置换反应:

[0055] $Nd_2Fe_{14}B + H_2 \rightarrow Nd_2Fe_{14}BH_x$; $Nd + H_2 \rightarrow NdH_2$;

[0056] $Nd_2Fe_{14}B + Dy \rightarrow Dy_2Fe_{14}B + Nd$;

[0057] $Dy_2Fe_{14}B + H_2 \rightarrow Dy_2Fe_{14}BH_x$;

[0058] 在高于600℃的条件下进行歧化反应,

[0059] $Nd_2Fe_{14}BH_x + 2H_2 \rightarrow 2NdH_{2+x} + Fe_2B + \alpha-Fe$;

[0060] $Dy_2Fe_{14}BH_x + 2H_2 \rightarrow 2DyH_{2+x} + Fe_2B + \alpha-Fe$;

[0061] 最后在500-600℃的条件下脱氢,并装入不锈钢粉料罐中备用;

[0062] A3、使用气流磨制粉:

[0063] 将氢破碎后的混合粉末一使用气流磨进行打磨至粒度为3-5 μ m的细粉;

[0064] A4、进行磁场取向成型:

[0065] (1) 将细粉使用三维混料机进行均匀混合;

[0066] (2) 将混合均匀后的细粉投入成型压机模具中,再在磁场强度为2-6T、压力为30-70MPa、氮气气氛的条件下取向成型;

[0067] (3) 再在160-220MPa的压力条件下下进行等静压,保持10-20S得到坯件;

[0068] A5、进行粉末冶金烧结:

[0069] 将坯件放入高真空烧结炉内,在氮气气氛且温度为1040-1090℃的条件下烧结4-5h,形成坯块;

[0070] A6、进行热处理:进行热处理,连续进行两次回火,一级回火:将坯块放入热处理炉内,将热处理炉温度升高至850-950℃(一级回火温度),真空保温1-3h,之后坯块随炉冷却至室温,再进行二级回火:将热处理炉温度升高至500-620℃(二级回火温度),在热处理炉内通入氨气,真空保温10-12h,再随炉冷却至室温。

[0071] 在通入氨气时,氨气从坯块的两侧吹入,热处理炉内抽真空泵的吸风口位于坯块的斜上方。

[0072] 为了得到更好的效果,可将抽真空泵的吸风口与氨气吹气口均设置为环形,且将两者的圆心设置于同一轴线上。

[0073] S2、制备防腐蚀层:

[0074] B1、进行混料;将Ni、Zn、Cr、B、Fe粉末按照比例进行混合,使混合后的粉末包括6-

8wt%的Ni、14-18wt%的Zn、1—1.5wt%的Cr、3-4.5wt%的B,其余为Fe;

[0075] B2、进行球磨团聚;对混合粉末二使用球磨机进行研磨,在转速为226r/min的情况下,使用球磨介质为直径8mm的不锈钢球对混合粉末二研磨30min,研磨完毕后加入无水乙醇作为粘结剂进行均匀混合,制成团聚物;

[0076] B3、制备预置层;将团聚物均匀涂覆在轴体的表面,形成预置层,并使其厚度约2mm,将其置于室内阴干12h;

[0077] B4:进行激光熔覆;对预置层进行激光熔覆,预先通入氩气作为保护气体,熔覆的过程中采用的参数为:激光输出功率1.5~2.3kW,扫描速度4~8mm/s,光斑直径3mm,氩气流量为6~8L/min,搭接率为25~35wt%,熔覆后,使用硅酸铝保温材料覆盖熔覆区域,并缓慢冷却;

[0078] B5:进行热处理;对带有防腐蚀层的含镉钕铁硼磁材进行时效处理。

[0079] 通过激光熔覆进行涂层的制备,涂层中的Cr与涂层中及磁材本体中的B元素在激光的高温照射下形成了CrB与CrB₂增强相,CrB与CrB₂具有硬度高、熔点高、抗氧化性好、耐腐蚀性强的特点。

[0080] $Cr+B=CrB$;

[0081] $Cr+2B=CrB_2$;

[0082] $CrB+B=CrB_2$;

[0083] 激光熔覆是一个快速加热熔化的过程,B是典型的铁素体形成元素,而Cr具有体心立方点阵结构,由于成分偏析的作用,在晶界处B、Cr含量较多,在快速冷却的条件下,CrB与CrB₂富集在B、Cr的晶界附近,开始形核,并通过切变的方式迅速生长为长条针状。而且,在第一条长条针状强化组织形成后,会催化其他条状CrB与CrB₂继续在其他方向形核,因而可迅速形成各个方向的针状强化组织,对位错运动产生阻碍,进而提高了防腐蚀层的结构强度,当防腐蚀层附着在磁材本体上时,则提高了含镉钕铁硼磁材的结构强度。

[0084] 同时,由于防腐蚀层中的Cr与涂层中的B反应,使得防腐蚀层的致密程度大大增加,进一步提高了涂层对于磁材本体的保护作用。

[0085] 涂层中的Cr与磁材本体中的B反应,则使得防腐蚀层与磁材本体的接触部相融合,因而使防腐蚀层与磁材本体的结合强度大大增加。

[0086] 表1:磁材本体、防腐蚀层的化学成分

[0087]

元素	磁材本体重量百分比 (wt%)									
	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	实施 例 10
Pr	18	19.56	20.28	21.22	22	18	19.56	20.28	21.22	22
Nd	4	6.62	7.74	8.33	9	4	6.62	7.74	8.33	9
Dy	3	4.26	4.87	5.61	6	3	4.26	4.87	5.61	6
B	0.9	0.98	1.06	1.13	1.2	0.9	0.98	1.06	1.13	1.2
N	0.1	0.45	0.73	0.88	0.9	0.1	0.45	0.73	0.88	0.9
Cu	0.1	0.13	0.16	0.18	0.2	0.1	0.13	0.16	0.18	0.2
Zr	0	0	0	0	0	0.12	0.1	0.15	0.14	0.12
Ni	0	0	0	0	0	3	2	6	4	3
Fe	73.9	68	65.16	62.65	60.7	70.78	65.9	59.01	58.51	57.58
元素	防腐蚀层重量百分比 (wt%)									
	Ni	0	0	0	0	0	6	0	7.22	0
Zn	0	0	0	0	0	14	0	17.28	0	18
Cr	0	0	0	0	0	1	0	1.32	0	1.5
B	0	0	0	0	0	3	0	3.86	0	4.5
Fe	0	0	0	0	0	76	0	70.32	0	68

[0088] 含镝钕铁硼磁材的性能检测:

[0089] (1) 磁性性能检测:

[0090] 根据GB/T3217永磁(硬磁)材料磁性试验方法进行磁性检测,检测结果如表2所示。

[0091] (2) 耐腐蚀性检测:

[0092] 进行中性盐雾试验,使用浓度为5wt%的氯化钠水溶液,对试验材料进行喷雾盐雾试验,试验温度为35℃。由于钕铁硼磁材在中性盐雾中的腐蚀反应以氧化剥落为主,因而以失重率作为试验材料的耐腐蚀性能的检测依据,检测结果如表2所示。

[0093] 表2 含镝钕铁硼磁材的磁性性能检测和耐腐蚀性检测结果

[0094]

	实施 例 1	实施 例 2	实施 例 3	实施 例 4	实施 例 5	实施 例 6	实施 例 7	实施 例 8	实施 例 9	实施 例 10
剩磁 Br (KGs)	13.35	13.58	13.21	13.54	13.32	13.33	13.52	13.26	13.47	13.36
矫顽力 (KOe)	25.26	25.76	26.31	25.63	25.26	25.31	25.73	26.18	25.74	25.21
最大磁能积 (MGOe)	38.32	38.94	39.55	39.12	38.47	38.26	39.08	39.26	39.21	38.34
腐蚀时间 48h 失重率 (wt%)	0.062	0.061	0.057	0.051	0.054	0.014	0.036	0.013	0.033	0.016
腐蚀时间 96h 失重率 (wt%)	0.673	0.744	0.753	0.765	0.652	0.243	0.432	0.232	0.468	0.262
腐蚀时间 144h 失重率 (wt%)	1.336	1.359	1.377	1.382	1.306	0.496	0.823	0.467	0.847	0.503

[0095] 从表2中可以明显看出,当磁材本体包括18-22wt%的Pr、4-9wt%的Nd、3-6wt%的Dy、0.9-1.2wt%的B、0.1-0.9wt%的N、0.1-0.2wt%的Cu,其余为Fe时,含镨钕铁硼磁材的剩磁均大于13.2KGs、矫顽力均大于25.2KOe、最大磁能积均大于38.2MGOe,因而具有良好的磁性综合性能,且加入0.1-0.15wt%的Zr、2-6wt%的Ni和增加防腐蚀层时,对钕铁硼磁材的磁性性能基本没有影响,同时,通过加入0.1-0.15wt%的Zr、2-6wt%的Ni提升了钕铁硼磁材的耐腐蚀性能,增加防腐蚀层后使磁材本体的耐腐蚀性能得到了显著的提升。

[0096] 本具体实施例仅仅是对本发明的解释,其并不是对本发明的限制,本领域技术人员在阅读完本说明书后可以根据需要对本实施例做出没有创造性贡献的修改,但只要在本发明的权利要求范围内都受到专利法的保护。

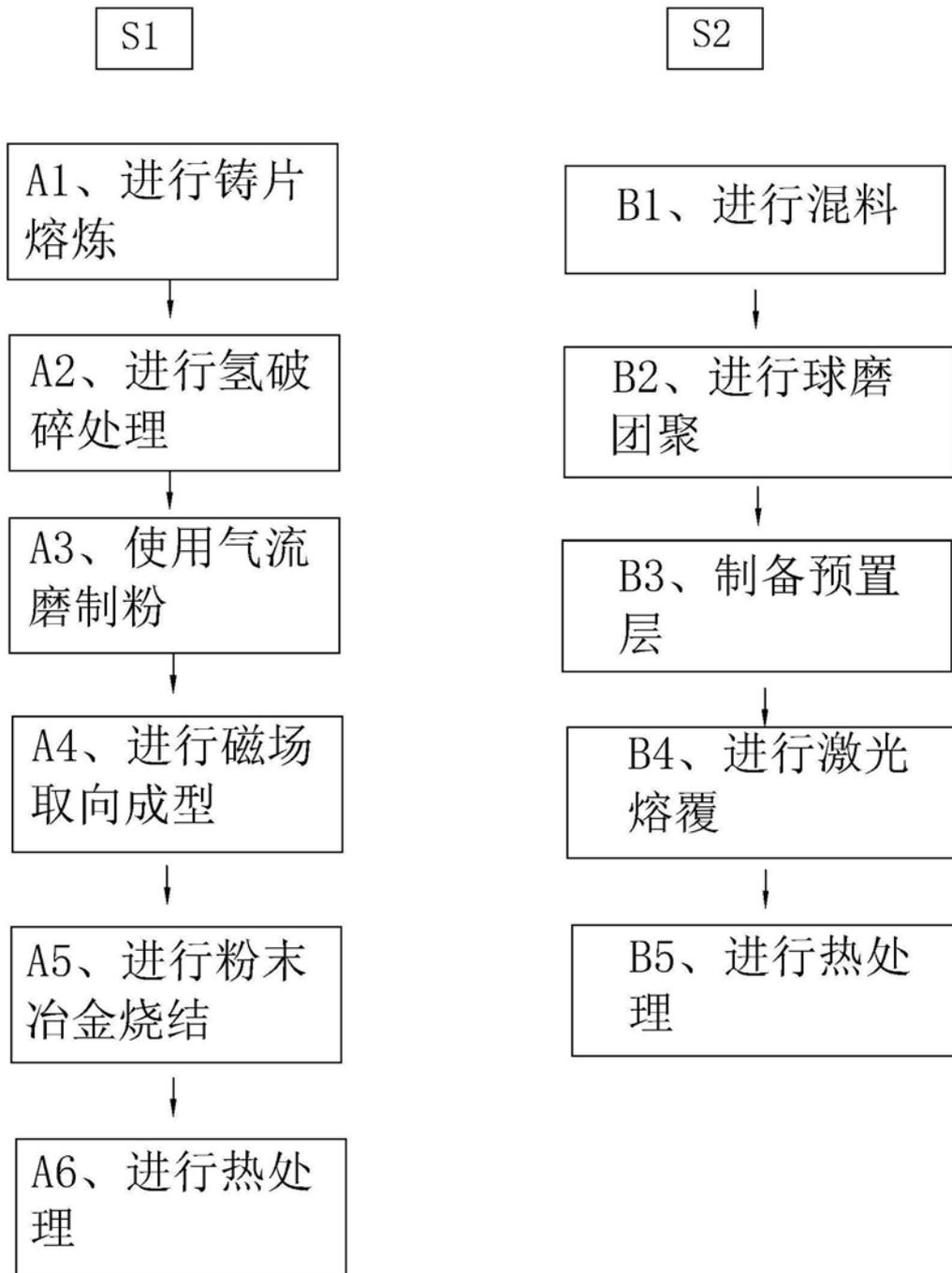


图1