



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114653941 A

(43) 申请公布日 2022.06.24

(21) 申请号 202210319940.1

(22) 申请日 2022.03.29

(71) 申请人 西北有色金属研究院

地址 710016 陕西省西安市未央区未央路
96号

(72) 发明人 杨海璇 李磊 洪权 陈军

郭荻子 赵圣泽 赵亮

(74) 专利代理机构 西安创知专利事务所 61213

专利代理师 马小燕

(51) Int. Cl.

B22F 3/02 (2006.01)

B22F 3/10 (2006.01)

B22F 3/15 (2006.01)

B22F 5/08 (2006.01)

C22C 19/03 (2006.01)

权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,该方法包括:一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并冷压,得到压制坯料;二、高温烧结得到镍钛合金烧结坯;三、包套密封后进行热等静压处理得到齿轮坯料;四、对齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热,然后水冷硬化得到硬化齿轮;五、加工得到镍钛合金齿轮。本发明通过调整齿轮不同部位镍钛合金粉末的镍含量,制备得到轮齿为高硬度60NiTi合金、内部为高塑性55NiTi合金的双性能镍钛合金齿轮,该镍钛合金齿轮重量轻、耐蚀耐磨、无磁性,能够承受剧烈的冲击载荷,适用于航空航天、海洋舰船、石油化工等领域。



1. 一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

步骤一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,然后在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并再次进行冷压,得到由内圈55NiTi合金层和外圈60NiTi合金层组成的压制坯料;所述55NiTi合金粉末中镍的质量含量为54.5%~57%,所述60NiTi合金粉末中镍的质量含量为59%~61%;

步骤二、将步骤一中得到的压制坯料放置于真空烧结炉内,抽真空至 10^{-3} Pa后关闭真空并通入经干燥处理后的氩气进行填充,再次抽真空至 10^{-3} Pa后加热进行高温烧结,得到镍钛合金烧结坯;

步骤三、将步骤二中得到的镍钛合金烧结坯采用不锈钢管包套后抽真空至 10^{-4} Pa进行密封,然后放置于热等静压炉内进行热等静压处理,得到齿轮坯料;

步骤四、对步骤三中得到的齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热,然后进行水冷硬化处理,得到硬化齿轮;

步骤五、将步骤四中得到的硬化齿轮加工至设计尺寸,得到镍钛合金齿轮。

2. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤一所述55NiTi合金粉末和60NiTi合金粉末中杂质元素C的质量含量不超过0.04%,N的质量含量不超过0.01%,O的质量含量不超过0.06%。

3. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤一所述压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度不超过10mm。

4. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤二中所述高温烧结的程序为:在真空度小于 10^{-3} Pa下,先升温至150℃保温30min,然后继续升温至640℃保温30min,再升温至1100℃保温60min。

5. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤三所述不锈钢包套的厚度为2.11mm。

6. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤三所述热等静压处理的程序为:先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,然后继续升温至1050℃并保压保温5h,再炉冷至800℃保温5h,最后炉冷至室温。

7. 根据权利要求1所述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤四中所述高频局部感应加热的温度为950℃~980℃,保温时间为5s~10s。

一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法

技术领域

[0001] 本发明属于齿轮技术领域,具体涉及一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法。

背景技术

[0002] 齿轮是机械中常用的基础部件,但传统的合金钢齿轮已无法满足某些特殊场合的需要。如在某工程中传输具有强腐蚀性的特种气体时,采用的40Cr合金钢齿轮因腐蚀和摩擦产生铁磁性粉末,致使内磁转子与隔套产生摩擦,加快磁传动器的升温速率,大幅降低了磁传动器的使用寿命。因此,为了适应上述工况,需要开发一种具有轻质高强、耐蚀耐磨、导电无磁等综合性能的新型齿轮。

[0003] 镍钛合金由于密度小、高耐蚀、导电无磁等特性可以在特殊腐蚀性环境服役。传统的镍钛合金(镍的质量含量为54.5%~57%,记为55NiTi)塑性高,易于加工成型,但硬度不超过HRC40,耐磨性差。对于富镍的镍钛合金(镍的质量含量为59%~61%,记为60NiTi),热处理后硬度最高可达HRC62,而且耐磨性好,能够承受剧烈的冲击载荷;但相组成复杂,具有本征脆性,加工难度大。只有融合60NiTi的高硬度和55NiTi的高塑性,才能制备出满足性能要求的齿轮。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题在于针对上述现有技术的不足,提供一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法。该方法采用粉末冶金法,以镍钛合金粉末为原料,通过调整齿轮不同部位原料的镍含量,制备得到轮齿为高硬度60NiTi合金、内部为高塑性55NiTi合金的双性能镍钛合金齿轮,该镍钛合金齿轮重量轻、耐蚀耐磨、无磁性,能够承受剧烈的冲击载荷,满足了复杂工况的使用需求。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的技术方案为:一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

[0006] 步骤一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,然后在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并再次进行冷压,得到由内圈55NiTi合金层和外圈60NiTi合金层组成的压制坯料;所述55NiTi合金粉末中镍的质量含量为54.5%~57%,所述60NiTi合金粉末中镍的质量含量为59%~61%;

[0007] 步骤二、将步骤一中得到的压制坯料放置于真空烧结炉内,抽真空至 10^{-3} Pa后关闭真空并通入经干燥处理后的氩气进行填充,再次抽真空至 10^{-3} Pa后加热进行高温烧结,得到镍钛合金烧结坯;

[0008] 步骤三、将步骤二中得到的镍钛合金烧结坯采用不锈钢管包套后抽真空至 10^{-4} Pa进行密封,然后放置于热等静压炉内进行热等静压处理,得到齿轮坯料;

[0009] 步骤四、对步骤三中得到的齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热,然后进行水冷硬化处理,得到硬化齿轮;

[0010] 步骤五、将步骤四中得到的硬化齿轮加工至设计尺寸,得到镍钛合金齿轮。

[0011] 本发明分别采用55NiTi合金粉末和60NiTi合金粉末作为齿轮内圈和外圈的制备原料,先通过冷压得到压制坯料,然后经高温烧结、热等静压处理、轮齿加热硬化、加工,得到外部轮齿为高硬度60NiTi合金、内部齿心为高塑性55NiTi合金的双性能镍钛合金齿轮,且该镍钛合金齿轮重量轻、耐蚀耐磨、无磁性,能够承受剧烈的冲击载荷,加工难度降低,有效防止了镍钛合金齿轮的失效,满足了复杂工况的使用需求。

[0012] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤一所述55NiTi合金粉末和60NiTi合金粉末中杂质元素C的质量含量不超过0.04%,N的质量含量不超过0.01%,O的质量含量不超过0.06%。通过控制两种原料粉末中的杂质含量,增加了镍钛合金齿轮的耐磨性能,延长了镍钛合金齿轮的服役寿命。

[0013] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤一所述压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度不超过10mm。通过限定压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度,减少了后续高温烧结过程中因亚稳相Ni₄Ti₃分解导致的体积变化,避免了相变引发体积变化造成外圈60NiTi合金层局部崩裂,保证了镍钛合金齿轮的顺利成型。

[0014] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤二中所述高温烧结的程序为:在真空度小于 10^{-3} Pa下,先升温至150℃保温30min,然后继续升温至640℃保温30min,再升温至1100℃保温60min。由于镍钛合金粉末极易与氧气和水蒸气反应,本发明在将压制坯料放置于真空烧结炉内后需要抽真空以排出真空烧结炉内的氧气和水蒸气,并采用经干燥处理后的氩气进行填充,并再次抽真空以进一步排出氩气可能带入的氧气和水蒸气,以保证镍钛合金粉末的高温烧结成型;同时,本发明的高温烧结过程中全程控制真空度小于 10^{-3} Pa以保证真空条件,先升温至150℃保温30min以排除部分水蒸气,然后升温至640℃保温30min,使得亚稳相Ni₄Ti₃开始缓慢分解直至充分分解至相变完成,防止由于相变引发体积变化造成局部崩裂,再升温至1100℃保温60min烧结成型,得到结构完整稳定的镍钛合金烧结坯。

[0015] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤三中所述不锈钢包套的厚度为2.11mm。

[0016] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤三中所述热等静压处理的程序为:先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,然后继续升温至1050℃并保压保温5h,再炉冷至800℃保温5h,最后炉冷至室温。本发明的热等静压处理过程中,先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,使得镍钛合金烧结坯和不锈钢管升温并在压力作用下逐渐收缩变形,通过控制保温时间以保证充分收缩变形并维持镍钛合金烧结坯形状稳定,然后升温至1050℃并维持110MPa保压保温5h,以消除镍钛合金烧结坯中的气孔缺陷,同时使得不同成分的镍钛合金粉末界面形成成分梯度结构,有利于齿轮整体力学性能的稳定过渡。

[0017] 上述的一种镍钛合金齿轮的粉末冶金制备方法,其特征在于,步骤四中所述高频局部感应加热的温度为950℃~980℃,保温时间为5s~10s。本发明采用高频局部感应加热法对齿轮坯料中的轮齿进行加热并控制加热温度和保温时间,再进行水冷硬化处理实现淬火硬化,进一步保证了轮齿的高硬度特性以及其他部分的高压缩塑性,保证了镍钛合金齿轮的使用性能。

[0018] 本发明与现有技术相比具有以下优点:

[0019] 1、本发明通过分别采用不同镍钛合金粉末作为齿轮不同部位的制备原料,得到外部轮齿为高硬度(可达HRC58-62)60NiTi合金、内部齿心为高塑性55NiTi合金的双性能镍钛合金齿轮,该镍钛合金齿轮重量轻、耐蚀耐磨、无磁性,能够承受剧烈的冲击载荷,加工难度降低,有效防止了镍钛合金齿轮的失效,满足了复杂工况的使用需求。

[0020] 2、本发明通过控制高温烧结程序,避免了镍钛合金粉末与水蒸气反应,同时还防止了因外圈60NiTi合金粉末中亚稳相Ni₄Ti₃分解相变引发体积变化造成局部崩裂,保证了镍钛合金烧结坯的结构完整稳定。

[0021] 3、本发明通过控制热等静压处理工艺,保证了镍钛合金烧结坯形状稳定,有效消除了镍钛合金烧结坯中的气孔缺陷,并使得不同成分的镍钛合金粉末界面形成成分梯度结构,有利于齿轮整体力学性能的稳定过渡。

[0022] 4、本发明改变了传统通过表面处理如渗碳、渗氮等强化齿轮性能的思路,提供了一种新型的齿轮设计理念,可推广应用到其他领域。

[0023] 下面通过附图和实施例对本发明的技术方案作进一步的详细描述。

附图说明

[0024] 图1为本发明中压制坯料的结构示意图。

具体实施方式

[0025] 实施例1

[0026] 本实施例包括以下步骤:

[0027] 步骤一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,然后在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并再次进行冷压,得到由内圈55NiTi合金层和外圈60NiTi合金层组成的压制坯料,如图1所示;所述55NiTi合金粉末中镍的质量含量为56.01%,C的质量含量0.03%,N的质量含量0.005%,O的质量含量0.055%;所述60NiTi合金粉末中镍的质量含量为59.76%,C的质量含量0.01%,N的质量含量0.003%,O的质量含量0.045%;所述压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度为10mm;

[0028] 步骤二、将步骤一中得到的压制坯料放置于真空烧结炉内,抽真空至 10^{-3} Pa后关闭真空并通入经干燥处理后的氩气进行填充,再次抽真空至 10^{-3} Pa后加热进行高温烧结:在真空度小于 10^{-3} Pa下,先升温至150℃保温30min,然后继续升温至640℃保温30min,再升温至1100℃保温60min,得到镍钛合金烧结坯;

[0029] 步骤三、将步骤二中得到的镍钛合金烧结坯采用厚度为2.11mm的304不锈钢管包套后抽真空至 10^{-4} Pa进行密封,然后放置于热等静压炉内进行热等静压处理:先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,然后继续升温至1050℃并保压保温5h,再炉冷至800℃保温5h,最后炉冷至室温,得到齿轮坯料;

[0030] 步骤四、对步骤三中得到的齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热至温度为950℃保温10s,然后进行水冷硬化处理,得到硬化齿轮;

[0031] 步骤五、将步骤四中得到的硬化齿轮加工至设计尺寸,得到镍钛合金齿轮。

[0032] 经检测,本实施例制备的镍钛合金齿轮硬度高,而且耐磨耐蚀,无磁性,能够满足使用要求。

[0033] 实施例2

[0034] 本实施例包括以下步骤:

[0035] 步骤一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,然后在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并再次进行冷压,得到由内圈55NiTi合金层和外圈60NiTi合金层组成的压制坯料,如图1所示;所述55NiTi合金粉末中镍的质量含量为54.50%,C的质量含量0.02%,N的质量含量0.005%,O的质量含量0.053%;所述60NiTi合金粉末中镍的质量含量为59.00%,C的质量含量0.015%,N的质量含量0.007%,O的质量含量0.051%;所述压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度为9mm;

[0036] 步骤二、将步骤一中得到的压制坯料放置于真空烧结炉内,抽真空至 10^{-3} Pa后关闭真空并通入经干燥处理后的氩气进行填充,再次抽真空至 10^{-3} Pa后加热进行高温烧结:在真空度小于 10^{-3} Pa下,先升温至150℃保温30min,然后继续升温至640℃保温30min,再升温至1100℃保温60min,得到镍钛合金烧结坯;

[0037] 步骤三、将步骤二中得到的镍钛合金烧结坯采用304不锈钢管包套后抽真空至 10^{-4} Pa进行密封,然后放置于热等静压炉内进行热等静压处理:先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,然后继续升温至1050℃并保压保温5h,再炉冷至800℃保温5h,最后炉冷至室温,得到齿轮坯料;

[0038] 步骤四、对步骤三中得到的齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热至温度为980℃保温5s,然后进行水冷硬化处理,得到硬化齿轮;

[0039] 步骤五、将步骤四中得到的硬化齿轮加工至设计尺寸,得到镍钛合金齿轮。

[0040] 经检测,本实施例制备的镍钛合金齿轮硬度高,而且耐磨耐蚀,无磁性,能够满足使用要求。

[0041] 实施例3

[0042] 本实施例包括以下步骤:

[0043] 步骤一、将55NiTi合金粉末冷压成圆饼状坯料,然后在圆饼状坯料的外圈均匀放置60NiTi合金粉末并再次进行冷压,得到由内圈55NiTi合金层和外圈60NiTi合金层组成的压制坯料,如图1所示;所述55NiTi合金粉末中镍的质量含量为57.00%,C的质量含量0.01%,N的质量含量0.004%,O的质量含量0.048%;所述60NiTi合金粉末中镍的质量含量为61.00%,C的质量含量0.01%,N的质量含量0.008%,O的质量含量0.046%;所述压制坯料中外圈60NiTi合金层的厚度为9.5mm;

[0044] 步骤二、将步骤一中得到的压制坯料放置于真空烧结炉内,抽真空至 10^{-3} Pa后关闭真空并通入经干燥处理后的氩气进行填充,再次抽真空至 10^{-3} Pa后加热进行高温烧结:在真空度小于 10^{-3} Pa下,先升温至150℃保温30min,然后继续升温至640℃保温30min,再升温至1100℃保温60min,得到镍钛合金烧结坯;

[0045] 步骤三、将步骤二中得到的镍钛合金烧结坯采用304不锈钢管包套后抽真空至 10^{-4} Pa进行密封,然后放置于热等静压炉内进行热等静压处理:先升温至850℃并增压至110MPa保温30min,然后继续升温至1050℃并保压保温5h,再炉冷至800℃保温5h,最后炉冷至室温,得到齿轮坯料;

[0046] 步骤四、对步骤三中得到的齿轮坯料中的轮齿进行高频局部感应加热至温度为960℃保温8s,然后进行水冷硬化处理,得到硬化齿轮;

[0047] 步骤五、将步骤四中得到的硬化齿轮加工至设计尺寸,得到镍钛合金齿轮。

[0048] 经检测,本实施例制备的镍钛合金齿轮硬度高,而且耐磨耐蚀,无磁性,能够满足使用要求。

[0049] 以上所述,仅是本发明的较佳实施例,并非对本发明作任何限制。凡是根据发明技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、变更以及等效变化,均仍属于本发明技术方案的保护范围内。



图1