



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108677123 A

(43)申请公布日 2018.10.19

(21)申请号 201810608508.8

C23C 4/18(2006.01)

(22)申请日 2018.06.13

(71)申请人 中国地质大学(北京)

地址 100083 北京市海淀区学院路29号

(72)发明人 康嘉杰 黄飞 岳文 付志强

朱丽娜 王成彪

(74)专利代理机构 北京中誉威圣知识产权代理

有限公司 11279

代理人 蒋常雪

(51)Int.Cl.

C23C 4/06(2016.01)

C23C 4/129(2016.01)

C23C 4/02(2006.01)

B22F 9/08(2006.01)

C23C 8/38(2006.01)

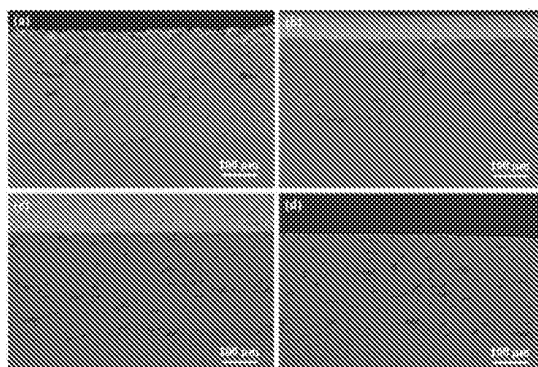
权利要求书1页 说明书9页 附图3页

(54)发明名称

一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法

(57)摘要

本申请提供了一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,涉及渗氮处理工艺技术领域,其中,所述方法为:制备Fe基非晶合金粉末,将基体表面进行预处理、粗化处理,然后用热喷涂技术将Fe基非晶合金粉末熔化后喷涂到基体表面,之后对喷涂后的基体进行渗氮处理。本发明克服了现有技术中Fe基非晶合金不能大批量生产出大块合金,限制了将Fe基非晶合金应用于精密的零部件的不足,经过渗氮处理,Fe基非晶合金涂层的硬度得到了很大程度的提高,涂层内部孔隙情况也得到改善,使得其抗磨损性能更加优异。



1. 一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,所述方法为:制备Fe基非晶合金粉末,将基体表面进行预处理、粗化处理,然后用热喷涂技术将Fe基非晶合金粉末熔化后喷涂到基体表面,之后对喷涂后的基体进行渗氮处理。

2. 如权利要求1所述的一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,

所述的Fe基非晶合金粉末的制备方法为气体雾化法;

即,利用高速气流以80-100KHz的频率和2-2.5马赫的高速度冲击液态Fe基非晶合金金属流,使其雾化成小液滴,随后凝固成Fe基非晶合金粉末。

3. 如权利要求2所述的一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,

所述的预处理包括表面打磨处理和表面清洗;

其中,打磨处理为采用砂磨进行处理,表面清洗为采用无水乙醇和丙酮在超声波清洗仪中清洗。

4. 如权利要求3所述的一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,

所述的粗化处理包括喷丸处理和喷砂处理;

所述的喷丸处理为:将高速弹丸反复流喷射到基体表面;

所述的喷砂处理为:采用压缩空气为动力,以形成高速喷射束将喷料高速喷射到基体表面。

5. 如权利要求4所述的一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,

所述的热喷涂技术包括采用超音速火焰喷涂系统进行热喷涂;

喷涂过程中,

采用氢气以及煤油两种燃料在含氧的压缩空气下助燃,在喷射系统产生高温从而来加热熔化Fe基非晶合金粉末;

采用氮气作为保护气体;

喷涂距离为200mm。

6. 如权利要求5所述的一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,其特征在于,

所述的渗氮处理方法为等离子渗氮,包括如下步骤:

(1) 前处理:对等离子渗氮设备进行气密性检查、清洗和调试;

(2) 抽真空:将样品置入渗氮设备,密封、抽真空;

(3) 升温阶段:调节氨气流量为0.1,使炉内气压值为70-90Pa,增大电源电压至500V,同时通入氨气气流,进入升温阶段,当温度到达300℃时,要把炉体循环水打开,使炉壁冷却,直到温度升至温度500-700℃为止,此时电压约为800V,氨气气压约为350Pa,导通比约为0.45;

(4) 保温阶段:氨气流量为0.14-0.25,氨气气压控制在400Pa,保温阶段持续6-10小时;

(5) 冷却阶段:关闭等离子渗氮设备,持续通入氨气,随炉冷却。

一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法

技术领域

[0001] 本发明属于渗氮处理工艺技术领域,具体涉及一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法。

背景技术

[0002] 渗氮处理,也常称为“氮化处理”,是使氮原子在一定条件下渗入到工件表面的一种常见的金属化学热处理工艺。钢铁渗氮技术的发展始于上世纪初期,直到70年代,渗氮技术从知识理论到工艺方法都得到迅速发展。常见的氮化方法主要有气体渗氮、液体渗氮和离子渗氮。

[0003] 气体渗氮最早由德国的AFry所应用,主要原理是把NH₃直接通入到高温渗氮炉中对工件实现氮化,该方法的渗氮效率低,得到的渗氮工件效果不是很理想;液体渗氮主要是把工件放入到含氮盐溶液中,然后对溶液进行加热使盐剂分解渗透扩散至工件表层,采用液体渗氮方法时需不断加入含氮盐溶液,成本较高;离子渗氮又称“辉光渗氮”,其是将氮气和氢气的混合气体通入到真空渗氮炉中,在渗氮炉壳体和渗氮工件之间高电压的作用下,炉内的氮气发生辉光放电变成离子,由于受到电场力的作用,产生的氮离子高速轰击工件表面,与工件中的其他元素形成化合物附着到工件表层形成一层氮化层,与前两者渗氮方法相比,离子渗氮具有渗氮周期短、气体消耗量小、效率高和可实现局部渗氮等优点。经过渗氮处理,氮元素会与基体钢或合金中的Fe、Cr、Mo等金属元素形成稳定的化合物,正是由于生成了这些对工件性能有显著改善的化合物,氮化处理后的工件常表现出高硬度、高耐磨性、良好的抗腐蚀能力以及较高的疲劳强度,对扩大工件使用范围、延长工件寿命、生产成本具有重大作用。

[0004] 非晶态是固态物质的原子排列呈现出一种近程有序、长程无序的排列状态,并且其在热力学上是处于一种亚稳定状态。非晶合金是合金在快速冷却的条件下来不及结晶而形成的一种呈非晶态的合金,其内部原子呈无规则排列,不存在晶粒、晶界以及位错等晶体缺陷,没有晶体的各向异性,具有高硬度、高韧性、优良的磁性以及耐蚀耐磨性能。因此常被称为“金属玻璃”。

[0005] Fe基非晶合金和绝大多数非晶合金一样均具有非晶合金共同具有的优异性能。Fe基非晶合金是一种具有优异性能的新型材料,由于其非晶态的特点,使其具有良好的耐磨耐腐蚀性,较高的硬度和强度,能够在恶劣的环境下继续保持优异的性能,而且制备的方法也比较简单,因此,Fe基非晶合金成为一种热门材料,具有极大的发展空间。同时,随着机械设备零部件的工做环境越来越恶劣,设备零部件失效变得日趋频繁,其中摩擦磨损是最常见的一种失效形式,为了节约生产成本,在某些要求精密的零部件涂覆一层非晶涂层能大大提高零部件的耐磨性能。

[0006] 但本申请发明人在实现本申请具体实施例中的过程中,发现由于现阶段Fe基非晶合金体系本身非晶形成能力和制备技术的限制,目前还难以得到具有工程意义的大尺寸块体结构材料,这将限制Fe基非晶合金在各个领域的广泛利用,并且其在钻探、挖掘开采等恶

劣实际工况条件下的抗磨损性能也仍需改善。

发明内容

[0007] 为了克服现有技术中Fe基非晶合金不能大批量生产出大尺寸块体结构材料,限制了将Fe基非晶合金应用于精密的零部件以及抗磨损性能较差的不足,本申请实施例提供了一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,该方法以Fe基非晶合金粉末为原料,采用热喷涂的方法,将Fe基非晶合金粉末高温加热熔化后喷涂到基体表面,然后对制备出的Fe基非晶涂层进行渗氮处理。结果表明,经过渗氮处理,Fe基非晶合金涂层的硬度得到了很大程度的提高,涂层内部孔隙情况也得到改善,使得其抗磨损性能更加优异。

[0008] 本申请实施例解决其技术问题所采用的技术方案是:

[0009] 一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,所述方法为:制备Fe基非晶合金粉末,将基体表面进行预处理、粗化处理,然后用热喷涂技术将Fe基非晶合金粉末熔化后喷涂到基体表面,之后对喷涂后的基体进行渗氮处理。

[0010] 其中Fe基非晶合金的主要成分为 $Fe_{48}Cr_{15}Mo_{14}C_{15}B_6Y_2$,各成分的百分含量如表1所示。

[0011] 表1喷涂粉末中元素的百分含量

[0012]

化学成分	Cr	Mo	C	B	Y	Fe
含量 (wt%)	14~15	24~25	3~4	1~2	3~4	余量

[0013] 本发明采用此非晶粉末作为原料的原因主要有以下几点:

[0014] (1) Fe基非晶粉末相比于其他非晶粉末,在保证同样优良性能的同时,Fe基非晶粉末的价格相对低廉,来源更加广泛,既保证了本课题实验的可靠性,同时也节约了实验研究成本;

[0015] (2) 粉末中的Cr、Mo等元素有利于提高Fe基非晶涂层的耐腐蚀性和耐磨性;

[0016] (3) 粉末中的Y元素可以有效增强非晶涂层的抗氧化性,减小涂层非晶相的损失;

[0017] (4) 同时粉末中的Cr、C等元素有利于增大非晶涂层的强度,提高涂层的稳定性。

[0018] 本发明的基体材料为35CrMo钢块,其尺寸为50mm×15mm×5mm,倒角1mm。35CrMo钢是一种合金结构钢,其具有很高的静力强度、冲击韧性及较高的疲劳极限,并且有良好的耐高温性能。

[0019] 在对氮化处理后的试样进行摩擦磨损试验时所用的摩擦球的材料为Si₃N₄陶瓷球,直径为φ6mm,其具有高强度和高耐磨性,保证了摩擦磨损试验结果的可靠性。

[0020] 将基体表面进行预处理、粗化处理,能够较好的提高制备出涂层的质量。

[0021] 热喷涂技术主要是把喷涂材料高温加热至其溶化或者呈半溶化状态,再利用喷枪以一定的速度将熔化后的喷涂材料喷射沉积到基体表面形成涂层,其制备出的涂层致密平整,耐磨损耐腐蚀性能优异。

[0022] 渗氮处理,能够改善涂层内部缺陷,通过形成氮化物,进一步提升涂层的硬度和抗磨损性能。

[0023] 优选的,所述的Fe基非晶合金粉末的制备方法为气体雾化法;即利用高速气流以80-100KHz的频率和2-2.5马赫的高速度冲击液态Fe基非晶合金金属流,使其雾化成小液滴,随后凝固成Fe基非晶合金粉末。

[0024] 气体雾化法具有生产效率高、制备出的粉末粒径小、粉末的球形度高、粉末中氧含量较少,并且具备大量生产以及成本低等优势。

[0025] 优选的,所述的预处理包括表面打磨处理和表面清洗。

[0026] 其中,打磨处理:在选择合适的基体材料35CrMo钢块后,其表面一般都比较粗糙不平,附着氧化膜、油污、灰层等杂质,因此需要利用砂磨的方法对基体进行打磨,去除毛刺及其它杂质,使基体材料的表面变得平整光滑,通过打磨工序可以降低基体的表面粗糙度并能够增强非晶涂层的机械附着力和结合强度,提升非晶涂层与基体材料的结合效果。

[0027] 其中,表面清洗:在对基体材料进行打磨处理后,基体表面会附着打磨屑,同时可能存在油污等污垢,因此需要对基体进行清洗。采用无水乙醇和丙酮在超声波清洗机中清洗,得到清洁的基体。

[0028] 优选的,所述的粗化处理包括喷丸处理和喷砂处理。

[0029] 其中,喷丸处理:也称喷丸强化,是减少零件疲劳,提高寿命的有效方法之一,喷丸处理就是将高速弹丸流喷射到基体表面,使基体表层发生塑性变形,而形成一定厚度的强化层,强化层内形成较高的残余应力,由于基体表面压应力的存在,当基体承受载荷时可以抵消一部分应力,从而提高基体的疲劳强度。

[0030] 其中,喷砂处理:采用压缩空气为动力,以形成高速喷射束将喷料(铜矿砂、石英砂、金刚砂等)高速喷射到需处理基体表面,使基体表面的外表或形状发生变化。由于磨料对基体表面的冲击和切削作用,使基体的表面获得一定的清洁度和不同的粗糙度,使基体表面的机械性能得到改善,因此提高了工件的抗疲劳性,增加了它和涂层之间的附着力,延长了涂膜的耐久性,也有利于涂料的流平和装饰。

[0031] 优选的,所述的热喷涂技术包括采用超音速火焰喷涂系统进行热喷涂;喷涂过程中,采用氢气以及煤油两种燃料在含氧的压缩空气下助燃,在喷射系统产生高温从而来加热熔化Fe基非晶合金粉末;采用氮气作为保护气体;喷涂距离为200mm。

[0032] 氢气以及煤油两种燃料在压缩空气(含氧)的助燃下,在喷射系统产生高温从而来加热熔化非晶粉末;而氮气的作用是为了防止在熔融非晶粉末时,熔融态的粉末被氧化,可能导致非晶粉末中形成一些无机氧化物晶体,从而使制备出的涂层中非晶相含量较少,影响涂层的质量;喷涂距离的选择是非常重要的,涂层的致密度、孔隙率、硬度、涂层与基体结合强度、涂层的物相组成以及涂层的抗磨抗氧化性等都与喷涂距离有关,因此在制备涂层时,选用200mm的喷涂距离能较好的满足涂层各项性能要求。

[0033] 优选的,所述的渗氮处理方法为等离子渗氮,包括如下步骤:

[0034] (1) 前处理:对等离子渗氮设备进行气密性检查、清洗和调试。

[0035] 其中,气密性检查:氮化前应对渗氮炉的各个管道接头处进行气密性检查,保证通入的氮气不泄漏以及在管路中的完全顺畅,无堵塞。

[0036] 清洗:为了保证渗氮的效果,在氮化处理前需要用无水乙醇和丙酮等溶液对试样的渗氮表面在超声波清洗机中进行彻底清洗。

[0037] 调试:渗氮设备的调试首先是测试渗氮炉中是否会出现打弧现象,这主要是由于

渗氮炉清洁度较低,使原本的辉光放电转变为弧光放电,这会导致试样渗氮后达不到要求,严重时还会导致渗氮过程被中止,并可能熔烧试样表面或损坏电源设备,因此在对试样进行氮化处理前必须确保不会出现打弧现象。为了防止出现打弧现象,可以采用放置在同一阴极板上的试样之间的距离要足够大并保证均匀防置,试样要足够清洁,保证炉内的真空度,减小间隙的数量等方法。其次是测量和设定相关参数,包括渗氮炉漏气率的测量,加热、保温温度以及时间的设定。

[0038] (2) 抽真空:将样品置入渗氮设备,密封、抽真空,防止由于渗氮时的高温环境导致试样被氧化,从而导致渗氮过程失败。

[0039] (3) 升温阶段:调节氨气流量为0.1,使炉内气压值为70-90Pa,增大电源电压至500V,同时通入氨气气流,进入升温阶段,根据渗氮炉内的弧光状态,缓慢升高电压,每次升高20V和气压(每次提高20Pa左右)以及导通比(每次提高0.05左右),使得炉内温度上升和保持稳定的辉光,并且当温度到达300℃时,要把炉体循环水打开,使炉壁冷却,直到温度升至温度500-700℃为止;

[0040] (4) 保温阶段:氨气流量为0.14-0.25,氨气气压控制在400Pa,保温阶段持续6-10小时;

[0041] (5) 冷却阶段:关闭等离子渗氮设备,持续通入氨气,随炉冷却。

[0042] 本申请实施例的优点是:

[0043] (1) 本发明制备得到的Fe基非晶合金涂层的硬度得到了很大程度的提高,涂层内部孔隙情况也得到改善,使得其抗磨损性能更加优异;

[0044] (2) Fe基非晶合金涂层发生晶化,导致涂层中非晶相的含量减少,并且随着渗氮温度的提高,涂层晶化的程度越深,非晶相的含量也越来越少,在渗氮温度为700℃时涂层几乎完全晶化,涂层中已不存在非晶相;

[0045] (3) 制备出的Fe基非晶合金涂层的耐磨性要好于基体材料,Fe基非晶涂层的磨损率下降,耐磨性得到提高。

附图说明

[0046] 图1渗氮处理后Fe基非晶涂层截面的微观形貌图;

[0047] 图2渗氮处理后Fe基非晶涂层的XRD衍射图谱;

[0048] 图3渗氮处理后Fe基非晶涂层的硬度;

[0049] 图4Fe非晶涂层的摩擦系数变化规律;

[0050] 图5涂层的磨损率大小。

[0051] 其中,图3-图5中,As-sprayed表示未处理样品。

具体实施方式

[0052] 本申请实施例通过提供一种基体表面喷涂Fe基非晶合金涂层及其渗氮处理的方法,解决了现有技术中不能直接生产大尺寸块体结构材料,限制了将Fe基非晶合金应用于精密的零部件的问题。本发明中以Fe基非晶合金粉末为原料,采用热喷涂的方法,将Fe基非晶合金粉末高温加热熔化后喷涂到基体表面,然后对制备出的Fe基非晶涂层进行渗氮处理。结果表明,经过渗氮处理,Fe基非晶合金涂层的硬度得到了很大程度的提高,涂层内部

孔隙情况也得到改善,使得其抗磨损性能更加优异。

[0053] 本申请实施例中的技术方案为解决上述Fe基非晶合金不能直接生产大尺寸块体结构材料,限制了将Fe基非晶合金应用于精密的零部件的问题,总体思路如下:

[0054] 本发明中:材料选择:Fe基非晶合金粉末、基体材料为35CrMo钢块,其尺寸为50mm×15mm×5mm,倒角1mm。设备选择:喷涂设备型号是由美国Kermetico公司生产的AK06-2#型超音速火焰喷涂系统(HVAF,AK06-2#,Kermetico,America)。结构表征设备:扫描电镜(SEM)、X射线衍射仪(XRD)、显微硬度分析仪、激光共聚焦显微镜。

[0055] 一、Fe基非晶合金涂层的制备:

[0056] 1、制备Fe基非晶合金粉末;

[0057] 采用气体雾化法,利用高速气流以80-100KHz的频率和2-2.5马赫的高速度冲击液态Fe基非晶合金金属流,使其雾化成小液滴,随后凝固成Fe基非晶合金粉末。

[0058] 2、将基体表面进行预处理

[0059] 2.1打磨处理:在选择合适的基体材料35CrMo钢块后,利用砂磨的方法对基体进行打磨,去除毛刺及其它杂质,使基体材料的表面变得平整光滑。

[0060] 2.2基体的表面清洗:采用无水乙醇和丙酮在超声波清洗机中对基体进行清洗,清洗掉打磨时候附着着的磨屑、油污等污垢,得到清洁的基体。

[0061] 3、基体的表面粗化处理

[0062] 3.1喷丸处理:将高速弹丸流喷射到零件表面,使零件表层发生塑性变形,而形成一定厚度的强化层;

[0063] 3.2喷砂处理:采用压缩空气为动力,以形成高速喷射束将喷料(铜矿砂、石英砂、金刚砂等)高速喷射到需处理工件表面,使工件表面的外表或形状发生变化。

[0064] 4、涂层制备

[0065] 采用超音速火焰喷涂系统将Fe基非晶合金加热至熔化,然后在高温高速喷枪的作用下喷射到基体表面形成非晶涂层。在制备涂层时喷涂的各项具体工艺参数如表2所示。

[0066] 表2喷涂工艺参数

[0067]

名称	单位	功能
压缩空气	91 PSI	助燃
煤油	100 PSI	燃料
氮气	22 PSI	防氧化
氢气	30 PSI	燃料
喷涂距离	200 mm	

[0068] 其中,采用氢气以及煤油两种燃料在含氧的压缩空气下助燃,在喷射系统产生高温从而来加热熔化Fe基非晶合金粉末;而氮气的作用是为了防止在熔融非晶粉末时,熔融态的粉末被氧化,可能导致非晶粉末中形成一些无机氧化物晶体,从而使制备出的涂层中非晶相含量较少,影响涂层的质量;喷涂距离为200mm。

[0069] 5、渗氮处理

[0070] 5.1前处理:对等离子渗氮设备进行气密性检查、清洗和调试;

[0071] 5.1.1气密性检查

[0072] 氮化前应对渗氮炉的各个管道接头处进行气密性检查,保证通入的氨气不泄漏以及在管路中的完全顺畅,无堵塞。

[0073] 5.1.2试样表面清洁

[0074] 为了保证渗氮的效果,在氮化处理前需要用无水乙醇和丙酮等溶液对试样的渗氮表面在超声波清洗仪中进行彻底清洗。

[0075] 5.1.3渗氮设备的调试

[0076] 渗氮设备的调试首先是测试渗氮炉中是否会出现打弧现象,这主要是由于渗氮炉清洁度较低,使原本的辉光放电转变为弧光放电,这会导致试样渗氮后达不到要求,严重时还会导致渗氮过程被中止,并可能熔烧试样表面或损坏电源设备,因此在对试样进行氮化处理前必须确保不会出现打弧现象。为了防止出现打弧现象,可以采用放置在同一阴极板上的试样之间的距离要足够大并保证均匀防置,试样要足够清洁,保证炉内的真空度,其次是测量和设定相关参数,包括渗氮炉漏气率的测量,加热、保温温度以及时间的设定。

[0077] 5.2抽真空:将样品置入渗氮设备,密封、抽真空;

[0078] 将待处理试样放入渗氮炉中,密封好炉体。在进行正式渗氮之前,需要把渗氮炉抽到接近真空(5Pa以下),其目的是防止由于渗氮时的高温环境导致试样被氧化,从而导致渗氮过程失败。

[0079] 5.3升温阶段:当渗氮炉达到所要求的真空度后,调节氨气流量为0.1,使炉内气压值为70-90Pa,增大电源电压至500V,同时通入氨气气流,进入升温阶段,根据渗氮炉内的弧光状态,缓慢升高电压,每次升高20V和气压(每次提高20Pa左右)以及导通比(每次提高0.05左右),使得炉内温度上升和保持稳定的辉光,并且当温度到达300℃时,要把炉体循环水打开,使炉壁冷却,直到温度升至实验预设的温度(500℃、600℃、700℃)。

[0080] 5.4保温阶段:当渗氮炉的温度达到预设温度后,渗氮过程就进入保温阶段。氨气流量为0.14-0.25左右,氨气气压控制在400Pa,保证氨气流量以及炉内温度、压力的稳定,保温阶段持续8小时。

[0081] 5.5冷却阶段:经过8个小时的保温后,关闭电源,但同时要继续通入氨气以保持渗氮炉内存在着一定浓度的氨气,防止空气进入使试样氧化。本实验的冷却方式采用的是随炉冷却。

[0082] 当炉内温度降至室温后,打开渗氮炉取出试样,观察分析渗氮效果,得到渗氮处理后的Fe基非晶合金涂层试样。

[0083] 二、Fe基非晶合金涂层试样的检测

[0084] 渗氮处理对Fe基非晶合金涂层微观组织结构的影响

[0085] 1、涂层微观形貌

[0086] 非晶涂层试样经过渗氮处理后,与未处理之前比,涂层的微观形貌大致相同,涂层截面的SEM图如图1所示,图1中,(a)为未经过渗氮处理,(b)在500℃条件下经过渗氮处理,(c)在600℃条件下经过渗氮处理,(d)在700℃条件下经过渗氮处理。

[0087] 从图1中可以看出,涂层在经过渗氮处理后,致密度相较于未渗氮涂层有一定程度上地提高,并且通过对比可以发现当渗氮温度为700℃时,相较于500℃和600℃,涂层的孔隙度有所增大。

[0088] 2、涂层组织结构

[0089] 非晶涂层经过渗氮处理后,在涂层的表面会形成氮化层,利用X射线衍射仪对处理后的涂层进行物相分析,得到处理后涂层的XRD图谱如图2所示。

[0090] 通过观察分析图2可以得到以下信息:

[0091] (1) 非晶涂层经过渗氮处理后,生成了许多含氮化合物(从图中可以看出主要是 AlN 、 Mo_2N 以及其他 Fe-N 化合物),这些新生成的化合物形成于涂层的内部,影响着涂层的结构性能;

[0092] (2) 观察几条XRD曲线图谱可以得出未经过氮化处理的原始涂层在 2θ 在 40° 到 50° 之间存在一个明显的漫衍射峰,说明原始涂层存在着非晶相;当非晶涂层经过 500°C 的等离子渗氮后,从图谱中可以发现曲线出现了少量相比于原始涂层要窄一点的峰,但总体上没发生大变化;再观察渗氮温度在 600°C 时,图谱上出现了越来越多的尖锐、狭窄的峰,说明了涂层发生了晶化,涂层中非晶相的含量开始下降;当渗氮温度在 700°C 时,图谱已经没有了类似原始未处理涂层一样的漫衍射峰,出现了明显的晶峰,这说明了经过 700°C 的氮化处理后,涂层基本上没有非晶相的存在,涂层已经完全晶化,由非晶涂层转变成了晶态涂层。

[0093] 综合以上分析可以得出以下结论: Fe 基非晶合金涂层在渗氮处理过程中由于温度的升高会发生晶化,从而导致涂层中非晶相的含量会减少,并且随着渗氮温度的提高,涂层晶化的程度越深,非晶相的含量也越来越少,在渗氮温度为 700°C 时涂层几乎完全晶化,涂层中已基本不存在非晶相。

[0094] 通过分析,造成 Fe 基非晶合金涂层经过渗氮处理后非晶相含量降低的原因主要包括以下几点:

[0095] (1) 温度。本发明采用的渗氮工艺是等离子渗氮,等离子渗氮主要原理是辉光放电,在电场力的作用下,离子会不断轰击涂层表面,涂层表面温度会升高,当温度继续升高至超过晶化温度后,涂层会发生晶化;

[0096] (2) 物质转换。从处理后的涂层XRD图谱(图2)可以发现处理后涂层的物相组成出现了许多含氮化合物,经过渗氮处理氮离子与涂层中的一些金属元素结合生成了含氮的晶态化合物,导致涂层中的非晶相含量减少。

[0097] 3、涂层的硬度的检测

[0098] 非晶涂层在进行渗氮处理后,其表面硬度发生了一定的变化,通过显微硬度分析仪测量在不同渗氮温度的条件下涂层的显微硬度,利用测量得到的相关数据绘得的涂层硬度变化如图3所示。

[0099] 由图3可以知道,当渗氮温度为 500°C 和 600°C 时,涂层的硬度变化幅度不大,当渗氮温度为 700°C ,涂层的硬度突然大幅提升,一方面说明了经过渗氮处理后,非晶涂层的硬度得到提高。涂层硬度变大的主要原因是非晶晶化和氮化物硬质相出现共同作用的结果,经过渗氮处理后,生成的含氮化合物会弥散分布于涂层内部引起涂层硬度提高,同时结合处理后涂层的物相组成(见图3)可知,在渗氮温度为 500°C 和 600°C 时,非晶涂层发生了部分晶化,因此涂层的硬度变化幅度小,在渗氮温度为 700°C 时,由上文分析可知此时涂层已完全晶化,不存在非晶相,涂层的物相组成为高硬度的氮化合物,因此涂层的硬度得到显著提升。

[0100] 通过以上1、涂层微观形貌、2、涂层组织结构、3、涂层的硬度的检测,得出以下结论:

[0101] (1) 经过渗氮处理,非晶涂层致密度和硬度得到提高。

[0102] (2) 在渗氮的过程中,由于渗氮原理以及温度等原因,涂层发生了晶化,非晶相含量减少直至消失。其中渗氮温度为500℃、600℃时,涂层发生部分晶化,渗氮温度为700℃时,涂层发生完全晶化,涂层内部弥散分布着氮化铝、氮化钼等具有高硬度性能的氮化物。

[0103] (3) 由于在渗氮过程中氮元素与原始涂层中的金属元素结合形成了一些具有高硬度、高耐磨性能的化合物和晶化程度的变化,涂层的硬度相比于未处理之前得到提高。

[0104] Fe基非晶合金涂层摩擦磨损性能检测

[0105] 1、摩擦磨损试验

[0106] 采用的摩擦磨损试验机的型号为中国华汇仪器科技有限公司的MS-T3000型。把试样分为四个组,分别为:未处理的涂层、渗氮处理后的涂层(500℃、600℃、700℃),均做摩擦磨损试验,摩擦磨损试验中,施加载荷为10N,磨痕直径为9mm,旋转速度为200r/min,旋转摩擦时间设置为30min,观察摩擦系数的变化情况。

[0107] 1.1 涂层摩擦系数的变化

[0108] 通过对四组试样进行摩擦磨损试验,得到了涂层在不同条件下的摩擦系数的变化规律如图4所示。

[0109] 通过观察非晶涂层的摩擦系数变化规律可以得出以下结论:与未经过渗氮处理的非晶涂层相比较,当渗氮温度是500℃和600℃时,非晶涂层的摩擦系数随着温度的升高而增大;当渗氮温度达到700℃时,涂层的摩擦系数与未处理的涂层相比,大小变化不大,略微低于未处理涂层的摩擦系数。摩擦磨损过程中摩擦系数的变化与磨损过程中发生的磨损机制种类有着直接的关系,随着渗氮过程中非晶程度和物相的变化,涂层的主要磨损机制主要为氧化磨损伴随着剥层磨损及磨粒磨损。在此三者之间不同程度的共同作用下,摩擦磨损过程中的摩擦系数也在发生着变化。

[0110] 结合涂层试样的X射线衍射图谱(见图2)分析,造成非晶涂层的摩擦系数发生以上变化的主要原因是当渗氮温度为500℃和600℃时,涂层由于发生部分晶化,且主要晶态产物是铁氮化合物,虽然由图3的显微硬度分析可知在此两个渗氮温度下,涂层的硬度是提高的,此时涂层中同时存在着晶相和非晶相两种成分,因此磨损机制主要发生为氧化磨损和磨粒磨损;但当渗氮温度为700℃时,从图2可以发现涂层几乎已经完全晶化,不存在非晶相,同时生成了氮化硼(BN)、氮化铝(AlN)、氮化铬(CrN)以及氮化钼(MoN)等高硬度、高耐磨的化合物,由于这些物质的存在,硬度得到大幅提升,涂层的磨损机制主要为剥层磨损,涂层的摩擦系数变小。

[0111] 1.2 涂层磨损率的变化

[0112] 磨损率,指的是单位长度内单位载荷下所磨损的体积。它反映了涂层试样在摩擦磨损试验与对磨球摩擦过程中被磨耗的体积量。磨损率的大小也从侧面反映出了材料的磨损性能,磨损率越小,材料的耐磨性则越好,反之则越差。

[0113] 通过图5中磨损率的大小变化情况可以知道,经过渗氮处理后试样的磨损率相比未处理试样减少明显。并且,在渗氮温度为600度时,处理后试样的磨损率最小,抗磨损性能最好。

[0114] 综合关于Fe基非晶合金涂层摩擦磨损性能检测分析,可以得到以下结论:Fe基非晶涂层经过渗氮处理后,其磨损率会变小,渗氮处理会使Fe基非晶合金涂层的耐磨性得到

提高,并且对于成分为 $\text{Fe}_{48}\text{Cr}_{15}\text{Mo}_{14}\text{C}_{15}\text{B}_6\text{Y}_2$ 的Fe基非晶合金涂层而言,渗氮温度为700度时,渗氮处理后试样拥有更佳的抗磨损性。

[0115] 最后应说明的是:显然,上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例,而并非对实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说,在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。而由此所引申出的显而易见的变化或变动仍处于本发明的保护范围之内。

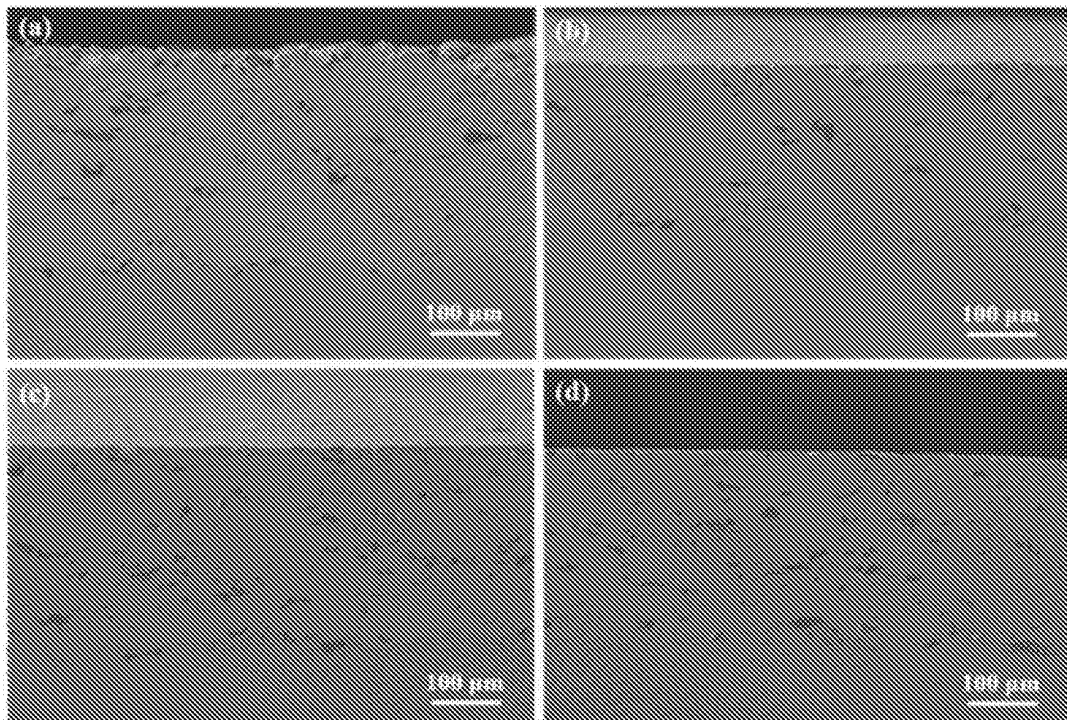


图1

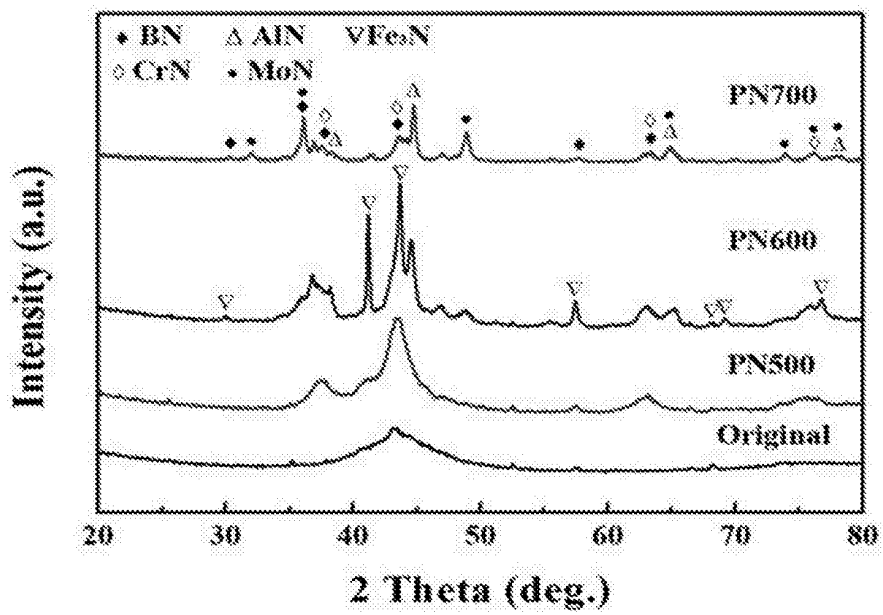


图2

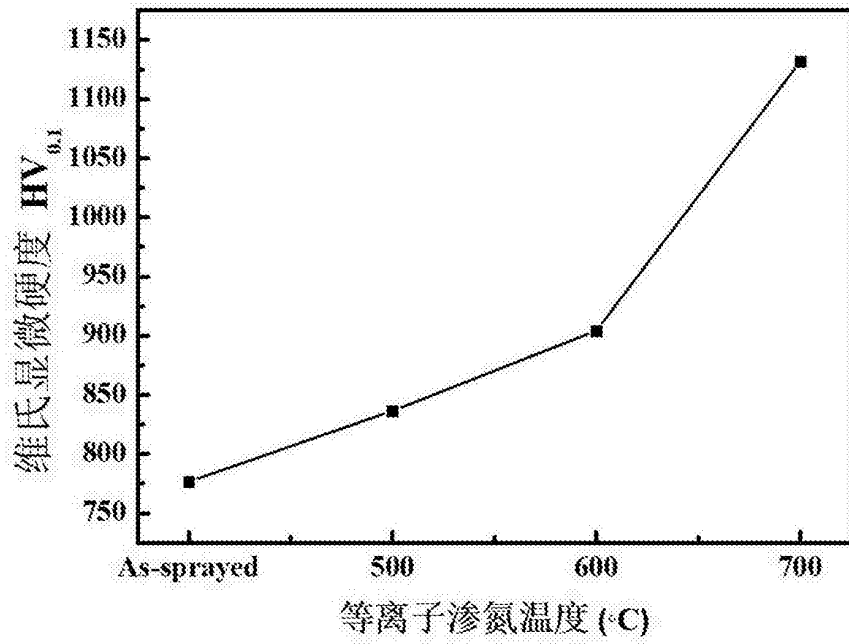


图3

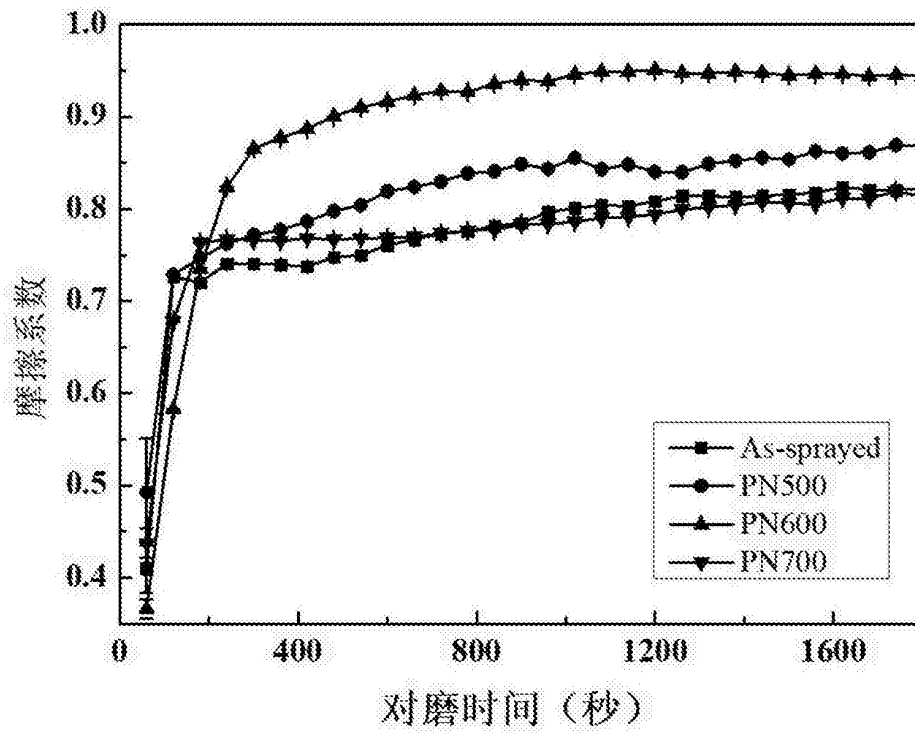


图4

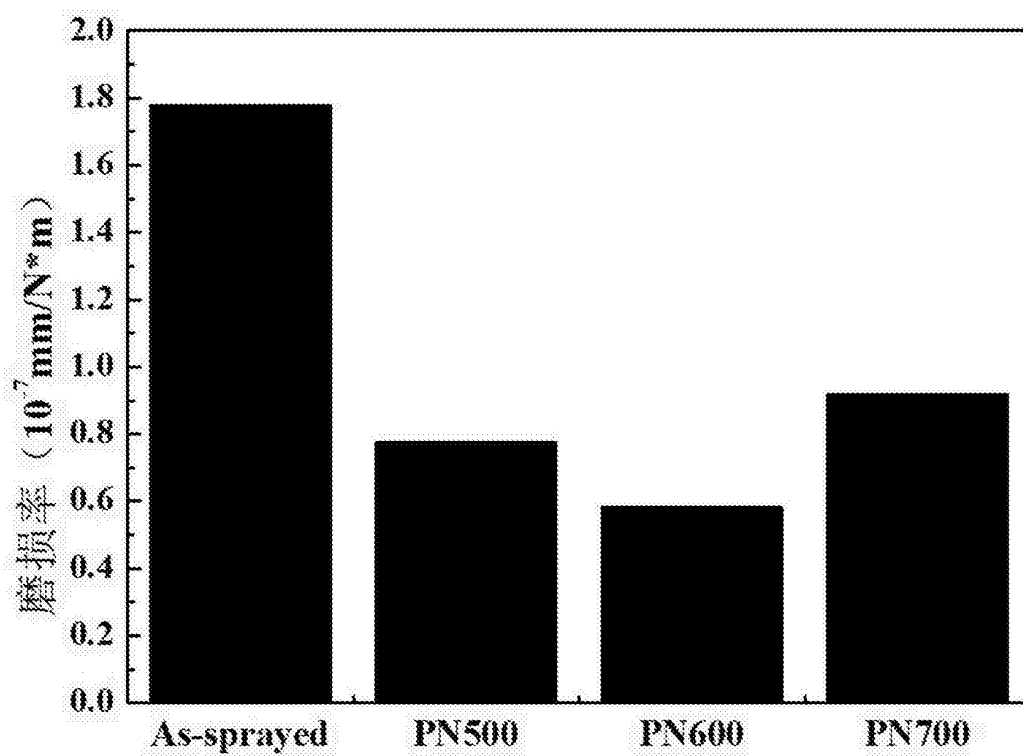


图5