



## (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105441743 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 30

(21) 申请号 201610008662. 2

(22) 申请日 2016. 01. 04

(71) 申请人 东莞劲胜精密组件股份有限公司

地址 523843 广东省东莞市长安镇上角管理  
区

申请人 东莞华程金属科技有限公司

(72) 发明人 邱龙龙 谢守德 王长明 曾燮榕

(74) 专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有  
限公司 44223

代理人 余敏

(51) Int. Cl.

*G22C 21/06*(2006. 01)

*G22C 21/00*(2006. 01)

*G25D 11/04*(2006. 01)

权利要求书1页 说明书7页

(54) 发明名称

一种铝基非晶合金复合材料及其制备方法

(57) 摘要

本发明公开了一种铝基非晶合金复合材料及其制备方法,制备方法包括:1) 制备具有如下通式的铝基非晶合金基体:  $Al_aMg_bZr_cR_d$ , 其中, a, b, c, d 为对应元素的重量百分比,  $85\% \leq a \leq 92\%$ ,  $2\% \leq b \leq 10\%$ ,  $0.5\% \leq c \leq 4\%$ ,  $1\% \leq d \leq 6\%$ , 且  $a+b+c+d=1$ , R 为 Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb 中的一种或多种;2) 对步骤 1) 得到的铝基非晶合金基体进行表面预处理, 得到表面洁净的铝基非晶合金基体;3) 将经过表面预处理的铝基非晶合金基体和铅板置于盛有含氧化性物质的电解液的电解槽中, 以铝基非晶合金基体为阳极, 以铅板为阴极, 进行阳极氧化;4) 进行清洗封孔和干燥处理。本发明的制备方法, 制得的铝基非晶合金复合材料耐腐蚀、耐磨, 且具有高强度和高硬度。

1. 一种铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:包括以下步骤:

1) 制备具有如下通式的铝基非晶合金基体: $Al_aMg_bZr_cR_d$ ,其中, $a, b, c, d$ 为对应元素的重量百分比, $85\% \leq a \leq 92\%$ , $2\% \leq b \leq 10\%$ , $0.5\% \leq c \leq 4\%$ , $1\% \leq d \leq 6\%$ ,且 $a+b+c+d=1$ , $R$ 为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种;

2) 对步骤1)得到的铝基非晶合金基体进行表面预处理,得到表面洁净的铝基非晶合金基体;

3) 将经过表面预处理的铝基非晶合金基体和铅板置于盛有含氧化性物质的电解液的电解槽中,以铝基非晶合金基体为阳极,以铅板为阴极,施加40~60V的电压,3~6A/dm<sup>2</sup>的电流密度,在20~60℃的电解液温度下进行阳极氧化,使铝基非晶合金表面形成致密的氧化膜层;

4) 将形成有氧化膜层的铝基非晶合金复合材料进行清洗封孔和干燥处理。

2. 根据权利要求1所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述步骤3)中,施加电流时,先在 $t$ 时间段内将电流密度升高到第一电流密度 $I_1$ ,然后保持2~4分钟,接着以每分钟0.2~0.4A/dm<sup>2</sup>的速度升高至第二电流密度 $I_2$ ;其中, $t$ 在30~60S的范围内, $I_1$ 为 $I_2$ 的一半, $I_2$ 在3~6A/dm<sup>2</sup>的范围内。

3. 根据权利要求1所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述步骤3)中,所述电解液中添加有质量分数为1%~2%的有机羧酸或丙三醇。

4. 根据权利要求3所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述有机羧酸为乳酸,乙酸或者乙二酸。

5. 根据权利要求1所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述步骤3)中,所述氧化性物质为重铬酸钠、铬酐、氟化钠、碳酸钠、铬酸钠中的至少两种,在所述电解液中,所述重铬酸钠的浓度为3~6g/L,所述铬酐的浓度为3~12g/L,所述氟化钠的浓度为3~6g/L,所述碳酸钠的浓度为30~50g/L,所述铬酸钠的浓度为10~20g/L。

6. 根据权利要求1所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述步骤4)中,清洗时,先进行酸洗,再进行碱洗,最后用去离子水洗。

7. 根据权利要求1所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述步骤4)中,封孔时,在氧化膜上涂敷封孔剂。

8. 根据权利要求7所述的铝基非晶合金复合材料的制备方法,其特征在于:所述封孔剂为油脂,聚氨酯,环氧树脂中的一种或多种的混合。

9. 一种铝基非晶合金复合材料,其特征在于:包括铝基非晶合金基体和与所述铝基非晶合金基体上的氧化膜层;所述铝基非晶合金基体具有如下通式: $Al_aMg_bZr_cR_d$ ,其中, $a, b, c, d$ 为对应元素的重量百分比, $85\% \leq a \leq 92\%$ , $2\% \leq b \leq 10\%$ , $0.5\% \leq c \leq 4\%$ , $1\% \leq d \leq 6\%$ ,且 $a+b+c+d=1$ , $R$ 为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种;所述氧化膜层中包括 $Al_2O_3$ 、 $MgO$ 、 $ZrO_2$ 和 $R_xO_y$ ,其中 $x, y$ 是原子配比系数。

10. 根据权利要求8所述的铝基非晶合金复合材料,其特征在于:所述氧化膜层的厚度为5~50μm。

## 一种铝基非晶合金复合材料及其制备方法

### 【技术领域】

[0001] 本发明涉及一种铝基非晶合金复合材料及其制备方法。

### 【背景技术】

[0002] 非晶合金的结构是一种短程有序而长程无序的特殊结构,具备常规晶体很难具备的高强度、高硬度、高模量和高耐蚀性等优良性能,因此,近年来非晶合金作为金属材料研究领域的一个热门课题得到广泛关注。目前,制得的非晶合金,有涉及铝基非晶合金的,但普遍存在表面易被氧化,不耐酸碱服饰及磨损的问题。如果要在电子元器件,汽车零部件,化工,航空航天等领域有一定运用,需要进一步改进铝基非晶合金复合材料的性能。

### 【发明内容】

[0003] 本发明所要解决的技术问题是:弥补上述现有技术的不足,提出一种铝基非晶合金复合材料及其制备方法,制得的铝基非晶合金复合材料耐腐蚀、耐磨,且具有高强度和高硬度。

[0004] 本发明的技术问题通过以下的技术方案予以解决:

[0005] 一种铝基非晶合金复合材料的制备方法,包括以下步骤:1)制备具有如下通式的铝基非晶合金基体: $Al_aMg_bZr_cR_d$ ,其中,a,b,c,d为对应元素的重量百分比, $85\% \leq a \leq 92\%$ , $2\% \leq b \leq 10\%$ , $0.5\% \leq c \leq 4\%$ , $1\% \leq d \leq 6\%$ ,且 $a+b+c+d=1$ ,R为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种;2)对步骤1)得到的铝基非晶合金基体进行表面预处理,得到表面洁净的铝基非晶合金基体;3)将经过表面预处理的铝基非晶合金基体和铅板置于盛有含氧化性物质的电解液的电解槽中,以铝基非晶合金基体为阳极,以铅板为阴极,施加40~60V的电压, $3 \sim 6A/dm^2$ 的电流密度,在20~60℃的电解液温度下进行阳极氧化,使铝基非晶合金表面形成致密的氧化膜层;4)将形成有氧化膜层的铝基非晶合金复合材料进行清洗封孔和干燥处理。

[0006] 一种铝基非晶合金复合材料,包括铝基非晶合金基体和在上述铝基非晶合金基体上的氧化膜层;所述铝基非晶合金基体具有如下通式: $Al_aMg_bZr_cR_d$ ,其中,a,b,c,d为对应元素的重量百分比, $85\% \leq a \leq 92\%$ , $2\% \leq b \leq 10\%$ , $0.5\% \leq c \leq 4\%$ , $1\% \leq d \leq 6\%$ ,且 $a+b+c+d=1$ ,R为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种;所述氧化膜层中包括 $Al_2O_3$ 、MgO、 $ZrO_2$ 和 $R_xO_y$ ,其中x、y是原子配比系数。

[0007] 本发明与现有技术对比的有益效果是:

[0008] 本发明的铝基非晶合金复合材料的制备方法,结合特定设计的铝基非晶合金基体的组成以及阳极氧化处理,在活化原子氧化条件下使铝基非晶合金表面形成致密的氧化膜层。制得的铝基非晶合金复合材料具有较好的非晶合金性能,表面着色和防护性能。经测试,制得的复合材料耐腐蚀性能良好,耐磨性较好,且材料具有高强度和高硬度。

### 【具体实施方式】

[0009] 本发明的构思是：对铝基非晶合金的制备进行研究，以得到综合性能优良的铝基非晶合金复合材料。对于铝基非晶合金材料的制备，行业内有各种讨论和研究，包括制备方法和配方上的改良，如利用惰性气体保护通过甩带的方式制得非晶合金，又如通过成分中加入少量的稀土元素来增强非晶合金的形成能力。而本发明中，从铝基非晶合金组成通式上改进，并结合表面处理工艺，通过阳极氧化处理在铝基非晶合金表面形成粘附良好的氧化膜层，解决复合材料表面力学性能上的不足，同时赋予铝基非晶合金表面的高疲劳强度，低缺口敏感性以及导热，介电，声学方面独特的性质。在结合表面处理工艺时，本发明中，采用活化原子氧化法，电压较低，电流密度较小，温度相对较低，通过电化学效应使原子活化，通过活化原子间的相互反应，反应速率大幅度提升，从而在表面形成致密、且粘附结合牢固的有一定厚度的膜层，从而材料综合性能优良，较好地解决了上述问题。

[0010] 本具体实施方式中，铝基非晶合金复合材料的制备方法包括以下步骤：

[0011] 1)制备具有如下通式的铝基非晶合金基体： $Al_aMg_bZr_cR_d$ ，其中， $a, b, c, d$ 为对应元素的重量百分比， $85\% \leq a \leq 92\%$ ， $2\% \leq b \leq 10\%$ ， $0.5\% \leq c \leq 4\%$ ， $1\% \leq d \leq 6\%$ ，且 $a+b+c+d=1$ ， $R$ 为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种。

[0012] 该步骤中，制备上述通式的基体以便于在后续进行表面氧化，从而获得氧化膜层。上述通式中，组分中的Al、Mg的阳极氧化易于进行，膜层也比较致密。少量的稀土元素R，则用于促进形成非晶合金。同时，由于Mg在后续氧化后形成的MgO具有一定的吸湿性，因此，为了形成性能良好的膜层，控制Al、Mg的含量在上述的范围内。各组分以及组分含量严格选择，从而在后续阳极氧化时得到较好的表面氧化膜层。

[0013] 2)对步骤1)得到的铝基非晶合金基体进行表面预处理，得到表面洁净的铝基非晶合金基体。

[0014] 该步骤中，对铝基非晶合金基体进行表面预处理，例如，采用机械抛光、除蜡、除油等方法，得到表面洁净的铝基非晶合金基体后，进行后续阳极氧化处理。

[0015] 3)将经过表面预处理的铝基非晶合金基体和铅板置于盛有含氧化性物质的电解液的电解槽中，以铝基非晶合金基体为阳极，以铅板为阴极，施加40~60V的电压，3~6A/dm<sup>2</sup>的电流密度，在20~60℃的电解液温度下进行阳极氧化，使铝基非晶合金表面形成致密的氧化膜层。

[0016] 该步骤中，阳极氧化处理，将铝基非晶合金基体作为阳极，经过氧化在表面成膜，形成粘附性良好的氧化膜，膜内含有 $Al_2O_3$ 、MgO、 $ZrO_2$ 、 $R_xO_y$  ( $x, y$ 是原子配比系数)。

[0017] 上述处理过程中，施加的电压，电流密度以及温度等较为关键，使得反应过程中原子被活化，反应进行较为容易，具有很高的反应速率。对于电压和电流的范围，控制为40~60V的电压，3~6A/dm<sup>2</sup>的电流密度。如果电压和电流过高，高电压、高电流会使生成的氧化膜的热效应增大，促使氧化膜加速溶解。如电压，电流超过一定的范围，生成的氧化膜较粗糙，对基体的防护性能会降低。而如果电压和电流过低，成膜速度较低，反应进行较慢。对于温度，控制在20~60℃，优选地，在20~40℃的范围内。由于阳极氧化本身就会放热，放热会相当大，会加速已形成的膜的溶解。温度过高时，会有过腐蚀的危险，氧化膜不连续。温度过低时，反应速度较慢，膜的内应力大，会产生裂纹，也不利于获得着色和封闭性良好的氧化膜层。因此要时刻监控电解液温度，温度过高或者过低，都要采取一些措施进行调整。优选地，可以在电解液中加入质量分数为1%~2%的乳酸，乙酸，乙二酸等有机羧酸或丙三醇，

以显著降低温度过高使氧化膜疏松或粉化的风险,同时也不会降低氧化膜的厚度及硬度。

[0018] 优选地,上述施加电流的过程中,采用两阶段升高电流:先在 $t$ 时间段内将电流密度升高到第一电流密度 $I_1$ ,然后保持2~4分钟,接着以每分钟0.2~0.4A/dm<sup>2</sup>的速度升高至第二电流密度 $I_2$ ;其中, $t$ 在30~60S的范围内, $I_1$ 为 $I_2$ 的一半, $I_2$ 在3~6A/dm<sup>2</sup>的范围内。例如,控制电流密度在30S内快速升高到所需电流密度(如后续实验例1中电流密度为4A/dm<sup>2</sup>)的一半,保持3min,紧接着以每分钟0.3A/dm<sup>2</sup>的速度升高,直至达到所需电流密度(4A/dm<sup>2</sup>)。在刚开始通电时,先通一半的电流密度,这样膜层生长速度慢,从而膜层较致密,外观颜色也较好,不会加深的太快。后一阶段,逐步提高电流密度到所需要的电流密度。电流密度提高时,在一定范围内可以加速氧化膜的生成速度,但到一定值后,膜孔内热效应增大,局部温升显著,氧化膜的溶解反应加速,成膜速度反而下降。因此,控制后一阶段缓慢升高,既可以适当地加快成膜速度,同时又不至于导致氧化膜的溶解,膜层性能变差。

[0019] 另一优选地,阳极氧化处理时的电解液为重铬酸钠、铬酐、氟化钠、碳酸钠、铬酸钠中的至少两种的水溶液。在所述电解液中,所述重铬酸钠的浓度为3~6g/L,所述铬酐的浓度为3~12g/L,所述氟化钠的浓度为3~6g/L,所述碳酸钠的浓度为30~50g/L,所述铬酸钠的浓度为10~20g/L。电解液浓度过高,得到的膜孔隙率较高,易于着色,但是浓度过高造成膜的溶解速度过快,得到的氧化膜会软而薄,硬度和耐磨性就会降低。如果电解液浓度过低,溶解作用较小,则膜层缓慢增厚,电阻因此增大,电压随之升高,氧化时间也需要加长,得到的膜颜色变深,光亮度低,虽然硬但很脆。控制在上述浓度下,则较适合于得到性能较好的氧化膜。

[0020] 4)将形成有氧化膜层的铝基非晶合金复合材料进行清洗封孔和干燥处理。

[0021] 该步骤中,清洗时可以先酸洗,再碱洗,再用去离子水洗。封孔时,在已形成的复合材料氧化膜上涂覆封孔剂。所述的封孔剂可以是油脂,聚氨酯,环氧树脂中的一种或多种,所述封孔剂的用量为18~25g/m<sup>2</sup>。干燥时,温度控制在60~120℃,干燥的时间为35~50min。

[0022] 经过上述过程,即制得铝基非晶合金复合材料。复合材料包括铝基非晶合金基体和所述铝基非晶合金基体上的氧化膜层;所述铝基非晶合金基体具有如下通式:Al<sub>a</sub>Mg<sub>b</sub>Zr<sub>c</sub>R<sub>d</sub>,其中, $a, b, c, d$ 为对应元素的重量百分比, $85\% \leq a \leq 92\%$ , $2\% \leq b \leq 10\%$ , $0.5\% \leq c \leq 4\%$ , $1\% \leq d \leq 6\%$ ,且 $a+b+c+d=1$ , $R$ 为Ti、La、Gd、Ce、Sc、Hf、Ta、W、Nb中的一种或多种;所述氧化膜层中包括Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、ZrO<sub>2</sub>和R<sub>x</sub>O<sub>y</sub>,其中 $x, y$ 是原子配比系数。氧化膜层的厚度为5~50μm,优选地,为10~30μm。

[0023] 该结构的铝基非晶合金复合材料,表面的氧化膜层对基体具有防护作用,从而提高复合材料的耐腐蚀性能,耐磨性,且材料具有高强度和高硬度。

[0024] 如下,通过设置具体的实验例,以验证本具体实施方式制备方法制得的铝基非晶合金复合材料的综合性能。

[0025] 实验例1

[0026] 步骤一:制备尺寸为90mm×20mm×3mm(分别为长、宽、高尺寸)的长方体Al<sub>88</sub>Mg<sub>6</sub>Zr<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>Ce<sub>2</sub>非晶合金基体。

[0027] 步骤二:表面预处理:机械抛光,除蜡,除油,最后用去离子水清洗干净。

[0028] 步骤三:活化原子氧化处理。以重铬酸钠、铬酐、氟化钠为主要成分配制电解液,将

上述铝基非晶合金作为阳极放入电解液中,铅板作为阴极。其中,电解液的组分为重铬酸钠4.5g/L、铬酐8g/L、氟化钠4.5g/L。采用脉冲交流电源,电压为50V,电流密度为4A/dm<sup>2</sup>,频率为50Hz,通电时间为30min,电解液的温度为50℃,电解完成后在铝基非晶合金表面得到致密的氧化膜。

[0029] 步骤四:清洗封孔和干燥处理。从电解槽中取出表面形成有氧化膜层的铝基非晶合金复合材料,按顺序进行酸洗,碱洗,去离子水洗。酸洗溶液为5wt%的稀释硫酸水溶液,碱洗溶液为5wt%的氢氧化钠稀释水溶液。时长都为30s。然后在氧化膜的表面涂上封孔剂,设置干燥箱的温度为120℃,让样品在该温度下干燥40min。

[0030] 制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B1。

[0031] 实验例2

[0032] 本实验例与实验例1的区别仅在于:步骤三阳极氧化过程不同。具体步骤如下:

[0033] 步骤一:过程与实验例1中相同。

[0034] 步骤二:过程与实验例1中相同。

[0035] 步骤三:活化原子氧化处理。以重铬酸钠、铬酐、氟化钠为主要成分配制电解液,将上述铝基非晶合金作为阳极放入电解液中,铅板作为阴极。其中,电解液的组分为重铬酸钠3g/L、铬酐6g/L、氟化钠3g/L。采用脉冲交流电源,电压为40V,电流密度为3A/dm<sup>2</sup>,频率为50Hz,通电时间为20min,电解液的温度为20℃,电解完成后在铝基非晶合金表面得到致密的氧化膜。

[0036] 步骤四:清洗封孔和干燥处理。过程与实验例1中相同。

[0037] 制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B2。

[0038] 实验例3

[0039] 本实验例与实验例1的区别在于:步骤一制备的铝基非晶合金基体以及步骤三阳极氧化过程不同。具体步骤如下:

[0040] 步骤一:制备尺寸为90mm×20mm×3mm(分别为长、宽、高尺寸)的长方体Al<sub>86</sub>Mg<sub>6</sub>Zr<sub>2</sub>Ti<sub>3</sub>Ce<sub>3</sub>非晶合金基体。

[0041] 步骤二:过程与实验例1中相同。

[0042] 步骤三:活化原子氧化处理。以重铬酸钠、铬酐、氟化钠为主要成分配制电解液,将上述铝基非晶合金作为阳极放入电解液中,铅板作为阴极。其中,电解液的组分为重铬酸钠3g/L、铬酐6g/L、氟化钠3g/L。采用交流电源,电压为40V,电流为3A/dm<sup>2</sup>,频率为50Hz,通电时间为20min,电解液的温度为40℃,电解完成后在铝基非晶合金表面得到致密的氧化膜。

[0043] 步骤四:清洗封孔和干燥处理。清洗封孔和干燥处理。过程与实验例1中相同。

[0044] 制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B3。

[0045] 实验例4

[0046] 本实验例与实验例1的区别在于:步骤一制备的铝基非晶合金基体以及步骤三阳极氧化过程不同。具体步骤如下:

[0047] 步骤一:制备尺寸为90mm×20mm×3mm(分别为长、宽、高尺寸)的长方体Al<sub>90</sub>Mg<sub>4</sub>Zr<sub>2</sub>Ti<sub>2</sub>Ce<sub>2</sub>非晶合金基体。

[0048] 步骤二:过程与实验例1中相同。

[0049] 步骤三:活化原子氧化处理。以重铬酸钠、铬酐、氟化钠为主要成分配制电解液,将

上述铝基非晶合金作为阳极放入电解液中,铅板作为阴极。其中,电解液的组分为重铬酸钠5g/L、铬酐10g/L、氟化钠5g/L。采用交流电源,电压为50V,电流为5A/dm<sup>2</sup>,频率为50Hz,通电时间为35min,电解液的温度为55℃,电解完成后得到致密的陶瓷氧化膜。

[0050] 步骤四:清洗封孔和干燥处理。过程与实验例1中相同。

[0051] 制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B4。

[0052] 实验例5

[0053] 本实验例与实验例1的区别在于:步骤一制备的铝基非晶合金基体以及步骤三阳极氧化过程不同。具体步骤如下:

[0054] 步骤一:制备尺寸为90mm×20mm×3mm(分别为长、宽、高尺寸)的长方体Al<sub>92</sub>Mg<sub>3</sub>Zr<sub>1</sub>Ti<sub>2</sub>Ce<sub>2</sub>非晶合金基体。

[0055] 步骤二:过程与实验例1中相同。

[0056] 步骤三:活化原子氧化处理。以重铬酸钠、铬酐、氟化钠为主要成分配制电解液,将上述铝基非晶合金作为阳极放入电解液中,铅板作为阴极。其中,电解液的组分为重铬酸钠6g/L、铬酐12g/L、氟化钠6g/L。采用交流电源,电压为60V,电流为6A/dm<sup>2</sup>,频率为50Hz,通电时间为40min,电解液的温度为60℃,电解完成后在铝基非晶合金表面得到致密的氧化膜。

[0057] 步骤四:清洗封孔和干燥处理。清洗封孔和干燥处理。过程与实验例1中相同。

[0058] 制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B5。

[0059] 实验例6

[0060] 本实验例与实验例1的区别在于:步骤三阳极氧化时,电解液中物质的组成以及浓度。组分为重铬酸钾,浓度为6g/L。其余步骤一,步骤二和步骤四均与实验例1相同。制成的铝基非晶合金复合材料,命名为B6。

[0061] 对照例:选用传统方法制备的Al-Ni系列非晶合金材料,命名为AN。

[0062] 膜厚测试:

[0063] 用TT230涡流膜厚测量仪测量实验例1~6、对照例得到的铝基非晶合金材料的表面膜厚,测试结果如表1所示:

[0064] 表1

样品编号	膜厚(μm)
B1	18
B2	13
B3	15
B4	22
B5	24
B6	9
AN	0

[0067] 从测试结果可知,本具体实施方式的实验例1~6均可以在铝基非晶合金基体的表面形成一定厚度的氧化膜。优选地,如实验例1~5中设置的采用多种组分的特定氧化性物质的水溶液作为电解液,可形成厚度较厚的氧化膜。一般地,氧化膜层的厚度在5~50 $\mu\text{m}$ 的范围,优选地,控制制得10~30 $\mu\text{m}$ 范围内的膜厚。

[0068] 性能测试

[0069] 对实验例1~6、对照例得到的铝基非晶合金材料进行包括耐腐蚀性测试、硬度测试、附着力测试的相关性能测试。

[0070] (1)耐腐蚀性测试

[0071] 在专用的盐雾箱中,在50 $^{\circ}\text{C}$ ,pH=3的环境中,利用压缩空气将45g/L的氯化钠、50g/L的乙酸、0.24g/L的氯化铜溶液雾化,喷洒在各样品的表面上。再将各样品放入温度为45 $^{\circ}\text{C}$ 相对湿度为75%的潮湿箱中观察。

[0072] 测试结果:实验例1~6的样品表面没有明显变化,对照例中的样品表面腐蚀严重。说明本具体实施方式的非晶合金复合材料的耐腐蚀性能良好。

[0073] (2)硬度测试

[0074] 按照GB/T4340.1-1999标准,用维氏硬度机测试硬度,压头为200g,加载时间取15s,在各铝基非晶合金样品表面边缘和中心各取4个点测试,算出硬度平均值,测试结果见表2。

[0075] (3)附着力测试

[0076] 采用ASTMD3359的方法,用百格刀(L500001)将各样品表面划出8 $\times$ 8共64个1mm<sup>2</sup>的方格。对于实验例1~6,其划痕深入到暴露基材为准。再使用3M600胶带粘覆在非晶合金样品表面上,然后用与样品表面呈90 $^{\circ}$ 的拉力快速将胶带拉起,观察并记录样品表面的损伤程度。样品损伤等级测试结果见表2,损伤等级的描述内容见表3。

[0077] 表2

[0078]

样品编号	硬度(Hv)	损伤等级
B1	764	2
B2	743	2
B3	758	2
B4	812	1
B5	825	1
B6	432	4
AN	360	5

[0079] 表3



[0080]

损伤等级	损伤描述
0	切口边缘完全光滑，无薄膜剥落现象。
1	切口交叉点少量薄膜有剥落，十字切口区域有大于5%~10%的区域损伤。
2	切口交叉点薄膜发生剥落，十字切口区域有10%~20%的区域损伤。
3	切口交叉点薄膜大范围剥落，或方格内部部分或全部剥落，十字切口区域有20%~40%的区域损伤。
4	切口交叉点薄膜大范围剥落，十字切口区域有40%~70%的区域损伤。
5	存在任何程度的不能依照等级4分类的压片。

[0081] 分析表2的数据发现，按照实验例1~6的制备方法可以在铝基非晶合金的基体表面上形成具有一定厚度的陶瓷膜层。与实验例6比较能够明显的得到，实验例1~5中的样品形成的膜层较厚，硬度较高，耐磨性实验表现的损伤等级更低，附着力更大。但实验例1~6整体相对于对照例具有硬度高，强度高，耐磨，附着力大的优异性能。

[0082] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明构思的前提下做出若干替代或明显变型，而且性能或用途相同，都应当视为属于本发明的保护范围。