



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108977865 A

(43)申请公布日 2018.12.11

(21)申请号 201810795678.1

(22)申请日 2018.07.19

(71)申请人 中国人民解放军92228部队  
地址 102442 北京市房山区长阳镇稻田南里7号院

(72)发明人 曹京宜 张伟 杨延格 孙东明  
贾瑞灵 李亮 张寒露 褚广哲

(74)专利代理机构 北京北新智诚知识产权代理有限公司 11100  
代理人 倪中翔 王淳

(51)Int.Cl.  
G25D 11/06(2006.01)  
G25D 11/12(2006.01)

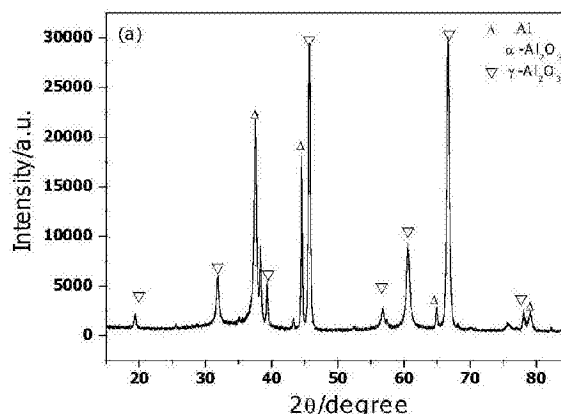
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

(54)发明名称

一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法

(57)摘要

一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于,它包括下列步骤:A.在低压阶段进行铝及铝合金致密钝化膜层的制备;B.在单脉冲高压阶段在含络合剂电解液体系中制备高压三氧化二铝膜层;C.在双向脉冲模式下在含燃烧剂络合体系中进行三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的烧结。用本发明方法获取的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层几乎没有任何疏松层,结构完整致密,厚度均匀,与基体结合牢固,实现5XXX铝及铝合金更加优异的耐蚀、耐磨损及高硬度的表面功能层。另外,整个工艺具有流程简单、设备低廉及环境友好等优点。



1. 一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于,它包括下列步骤:

- A. 在低压阶段进行铝及铝合金致密钝化膜层的制备;
- B. 在单脉冲高压阶段在含络合剂电解液体系中制备高压三氧化二铝膜层;
- C. 在双向脉冲模式下在含燃烧剂络合体系中进行三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的烧结。

2. 根据权利要求1所述的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于:所述步骤A的具体过程如下:

将5XXX铝或铝合金经过打磨、抛光、除油等预处理后,在钝化液中进行直流钝化,该钝化液的成分为:

主盐:氢氧化钠,20~50g/L;

添加剂:硅酸钠,5~10g/L;

稳定剂:氟化钠,2~5g/L;

余量为水;

致密钝化膜层的制备过程中,钝化液温度为20~50℃,电源模式为直流阳极氧化,氧化电压范围为0~300V,氧化时间为5~10分钟,电流密度0.5~5A/dm<sup>2</sup>,获得的氧化膜厚度为2~5um。

3. 根据权利要求1所述的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于:所述步骤B的具体过程如下:

在含络合剂电解液体系中进行,该含络合剂电解液体系的成分为:

主盐:硅酸钠或者硅酸钾,10~80g/L;

pH调节剂:氢氧化钠或者氢氧化钾,1~10g/L;和氢氟酸或酒石酸或硼酸,1~10ml/L;

稳定剂:乙二胺四乙酸二钾或者乙二胺四乙酸二钠,和氟化钾或者氟化钠,1~10g/L;

添加剂:草酸钾或者草酸钠,和醋酸钾或者醋酸钠,5~30g/L;

余量为水;

在高压三氧化二铝膜层的制备过程中,电解液温度20~50℃,电源模式为单脉冲,氧化终电压为350~550V,氧化时间为5~60分钟,电流密度1~3A/dm<sup>2</sup>,频率为100~1000Hz,占空比为10%~90%,获得的氧化膜厚度为5~20um。

4. 根据权利要求1所述的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于:所述步骤C的具体过程如下:

在含燃烧剂络合体系中进行,该含燃烧剂络合体系的成分为:

主盐:草酸钠,20~50g/L;

pH调节剂:氢氟酸、硼酸或酒石酸,5~20ml/L;

稳定剂:乙二胺四乙酸二钾或者乙二胺四乙酸二钾钠,和氟化钾或者氟化钠,0.5~3g/L;

添加剂:磷酸盐,和硅酸钾或者硅酸钠,1~5g/L;

燃烧剂:硬脂酸钠,0.5g~3g/L;

余量为水;

三氧化二铝/尖晶石单致密膜层制备过程中,电解液温度20~50℃,电源模式为双脉

冲,氧化时间为60~240分钟,正向终电压为400~650V,负向终电压为50~300V,电流密度5~20A/dm<sup>2</sup>,频率为500~1000Hz,正向脉冲占空比为10~70%、负向脉冲占空比为50%~10%,获得的氧化膜厚度为30~100um;

经过烘干后,在5XXX铝及铝合金表面制备高耐蚀单致密微弧氧化膜层。

5. 根据权利要求4所述的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其特征在于:所述磷酸盐为正磷酸钾、正磷酸钾钠、磷酸二氢钾、磷酸二氢钠、磷酸一氢钾、磷酸一氢钠、三聚磷酸钾或三聚磷酸钠。

## 一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于金属表面处理技术领域,特别是一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法。

### 背景技术

[0002] 铝合金一直是国防工业中应用最广泛的金属材料之一,因其具有密度低,强度高,加工性能好等特点,可制成各种截面的型材、管材、板材等。所以,铝合金是构件轻量化首选的轻质结构材料,而造船用铝合金一般采用铝镁系列合金(5XXX系列)和铝镁硅系列合金(6XXX系列),作为一些船舶的船体结构材料,设备用材和上层建筑用材5XXX系列铝合金密度低,可焊性好,塑性优秀的5XXX系列合金又称防锈铝,可焊性好,硬度高。虽然其有较好的耐蚀性,但海水中的氯离子使点蚀成为其主要局部腐蚀,对铝合金的强度、塑性、疲劳性能等都造成极大的损害,缩短了铝合金的使用寿命。因此,解决有效的防护是推动5XXX系列铝合金应用的关键所在。

[0003] 微弧氧化(Plasma Electrolytic Oxidation或Micro-arc Oxidation)是一种在金属表面原位生长陶瓷性氧化膜的制备技术,是一种特殊的阳极氧化。由于采用较高的电压,氧化过程除发生电化学反应外,还包括等离子化学、热化学反应,伴随有等离子微弧放电现象。正是由于等离子体放电所造成的局部高温高压烧结作用,使所形成的氧化膜具有晶态的陶瓷性结构。该氧化膜结合力优良,并且硬度、耐磨性以及强度较高。另外,微弧氧化还是一种环境友好的技术。然而,由于传统微弧氧化过程剧烈的微弧火花向外喷发特性以及涂层/溶液界面的低温烧结这一固有特征,导致所形成的涂层均由致密内层和疏松外层所组成,两者厚度比例为2:1~4:1;此外,由于疏松层的烧结温度较低,其主要成分为 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;因此,当传统微弧氧化涂层与外界介质接触时,其耐腐蚀性和耐磨性均因疏松层的存在而大幅度降低。

[0004] 目前,主要的解决办法是将疏松层完全打磨掉,保留具有较高 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 含量的致密层,实现涂层整体耐磨性和耐腐蚀性的提高;但是,针对形状特别复杂或者体积庞大的样件,机械打磨很难将疏松层完全去除,同时,也大幅度增加了微弧氧化的生产成本。因此,如何通过调整和设计微弧氧化新工艺,降低或去除其疏松层,实现具有高含量 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ /单致密微弧氧化涂层的制备,将是微弧氧化技术一项重要突破。

[0005] 为了提高微弧氧化陶瓷膜的致密性,最常规的方法是改变电解液的组分、变换电参数(电压、频率等)或添加第二相颗粒等。目前,所制备的氧化膜中普遍采用硅酸钠体系,然而,硅酸钠是一种强碱性的溶液,其pH约为12~14左右。因此,溶液存在大量的 $\text{OH}^-$ 不可避免地氧化膜输送大量的氧原子,进而造成氧化膜层/溶液界面产生大量地氧气,从而引起疏松层大量的孔洞。所以,为进一步增加氧化膜的致密性,研究发展新的适合于5XXX铝合金微弧氧化膜的致密化新的溶液体系十分必要和迫切。

## 发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服现有技术的不足,提供一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,膜层不仅与基体结合牢固,而且具有完整致密性并表现出较高的厚度,其疏松层与致密层的比例能够由1:3提高到1:6甚至几乎完全消失,同时,膜层的相结构也从 $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为主变成 $\alpha$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ 为主,从而为5XXX铝合金提供了更加耐蚀、耐磨及高硬度的表面综合性能。

[0007] 为实现上述目的,本发明采取以下技术方案:

[0008] 一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,它包括下列步骤:

[0009] A.在低压阶段进行铝及铝合金致密钝化膜层的制备;该钝化膜能够防止在氧化初期含镁第二相被微弧氧化电解液所腐蚀,提高初期氧化膜的生长速和均匀度;

[0010] B.在单脉冲高压阶段在含络合剂电解液体系中制备高压三氧化二铝膜层;

[0011] C.在双向脉冲模式下在含燃烧剂络合体系中进行三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的烧结。

[0012] 进一步的,所述步骤A的具体过程如下:

[0013] 将5XXX铝或铝合金经过打磨、抛光、除油等预处理后,在钝化液中进行直流钝化,该钝化液的成分为:

[0014] 主盐:氢氧化钠,20~50g/L;

[0015] 添加剂:硅酸钠,5~10g/L;

[0016] 稳定剂:氟化钠,2~5g/L;

[0017] 余量为水;

[0018] 致密钝化膜层的制备过程中,钝化液温度为20~50℃,电源模式为直流阳极氧化,氧化电压范围为0~300V,氧化时间为5~10分钟,电流密度0.5~5A/dm<sup>2</sup>,获得的氧化膜厚度为2~5 $\mu\text{m}$ 。

[0019] 进一步的,所述步骤B的具体过程如下:

[0020] 在含络合剂电解液体系中进行,该含络合剂电解液体系的成分为:

[0021] 主盐:硅酸钠或者硅酸钾,10~80g/L;

[0022] pH调节剂:氢氧化钠或者氢氧化钾,1~10g/L;和氢氟酸或酒石酸或硼酸,1~10ml/L;

[0023] 稳定剂:乙二胺四乙酸二钾或者乙二胺四乙酸二钠,和氟化钾或者氟化钠,1~10g/L;

[0024] 添加剂:草酸钾或者草酸钠,和醋酸钾或者醋酸钠,5~30g/L;

[0025] 余量为水;

[0026] 在高压三氧化二铝膜层的制备过程中,电解液温度20~50℃,电源模式为单脉冲,氧化终电压为350~550V,氧化时间为5~60分钟,电流密度1~3A/dm<sup>2</sup>,频率为100~1000Hz,占空比为10%~90%,获得的氧化膜厚度为5~20 $\mu\text{m}$ 。

[0027] 进一步的,所述步骤C的具体过程如下:

[0028] 在含燃烧剂络合体系中进行,该含燃烧剂络合体系的成分为:

- [0029] 主盐:草酸钠,20~50g/L;
- [0030] pH调节剂:氢氟酸、硼酸或酒石酸,5~20ml/L;
- [0031] 稳定剂:乙二胺四乙酸二钾或者乙二胺四乙酸二钾钠,和氯化钾或者氯化钠,0.5~3g/L;
- [0032] 添加剂:磷酸盐,和硅酸钾或者硅酸钠,1~5g/L;
- [0033] 燃烧剂:硬脂酸钠,0.5g~3g/L;
- [0034] 余量为水;
- [0035] 三氧化二铝/尖晶石单致密膜层制备过程中,电解液温度20~50℃,电源模式为双脉冲,氧化时间为60~240分钟,正向终电压为400~650V,负向终电压为50~300V,电流密度5~20A/dm<sup>2</sup>,频率为500~1000Hz,正向脉冲占空比为10~70%、负向脉冲占空比为50%~10%,获得的氧化膜厚度为30~100um;
- [0036] 经过烘干后,在5XXX铝及铝合金表面制备高耐蚀单致密微弧氧化膜层。
- [0037] 进一步的,所述磷酸盐为正磷酸钾、正磷酸钾钠、磷酸二氢钾、磷酸二氢钠、磷酸一氢钾、磷酸一氢钠、三聚磷酸钾或三聚磷酸钠。
- [0038] 本发明的有益效果是:本发明通过开发多步骤控制的含有燃烧剂的络合电解液体系,实现了铝合金表面单致密层/高 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量的微弧氧化涂层制备,大幅度降低了涂层的孔隙率并提高其均匀性,从而实现其表面的高耐蚀性。与现有技术相比,本发明具有以下显著的优点:
- [0039] 1. 本发明的陶瓷膜完整致密、厚度均匀,与基体结合良好,而且还具有良好的耐磨性和硬度。其疏松层与致密层的比例已由1:3提高到1:6甚至几乎完全消失疏松层,因此,该防护层可表现出更加耐蚀、耐磨及高硬度的表面功能涂层。
- [0040] 2. 本发明微弧氧化体系中的单致密陶瓷膜主要相组成为 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和尖晶石,取代了传统陶瓷膜的主要组成为 $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,实现了氧化膜内层和外层整体致密化,尤其外层中所有微孔均达到纳米级。
- [0041] 3. 本发明整个制备过程中具有设备低廉、原料易得、流程简单、操作便捷及环境友好等工业实用化特点。

## 附图说明

- [0042] 图1为本发明高压三氧化二铝膜层的扫描电镜图。
- [0043] 图2为本发明高压三氧化二铝膜层的相结构图。
- [0044] 图3为本发明三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的扫描电镜图。
- [0045] 图4为本发明三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的相结构图。

## 具体实施方式

- [0046] 下面对结合附图及具体实施例对本发明作进一步说明。
- [0047] 本发明提供一种5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层的制备方法,其工艺流程为:打磨→除油→直流低压致密钝化膜层的制备→单脉冲高压三氧化二铝膜层的制备→双向脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的烧结→烘干。该膜层为更加耐蚀、耐磨损及高硬度的单致密微弧氧化涂层,整个工艺具有操作简单、设备低廉及环境友好等优点。

[0048] 下面结合实施例对本发明做进一步描述。

#### [0049] 实施例1

[0050] 1.材料准备:5A02铝合金经切割打磨后,在丙酮溶液中用超声波清洗除油。

[0051] 2.低压直流钝化:钝化液中,氢氧化钠20g/L,硅酸钠10g/L,氟化钠2g/L,其余为水。温度10~35℃,处理5分钟,取出后立即用自来水清洗1~2分钟,再用去离子水清洗1~2分钟,钝化膜厚度为1μm。

[0052] 3.单脉冲高压三氧化二铝微弧氧化膜制备:硅酸钠20g/L,氢氟酸5ml/L,乙二胺四乙酸二钠2g/L,草酸钠5g/L,其余为水。温度30℃,处理10分钟,电源模式:单正向,氧化终电压为420V,电流密度3A/dm<sup>2</sup>,频率400Hz,占空比20%,本实施例氧化膜厚度约为10μm。

[0053] 4.双脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密微弧氧化膜烧结:草酸钠20g/L,氢氟酸5ml/L,乙二胺四乙酸二钠2g/L,磷酸二氢钠5g/L,燃烧剂2g/L,其余为水。温度30℃,处理60分钟,电源模式:正反向,正向终电压为400V,负向终电压为60V,电流密度2A/dm<sup>2</sup>,频率500Hz,正向脉冲占空比60%,负向脉冲占空比20%。取出后立即用自来水清洗1~2分钟,再用去离子水清洗1~2分钟,本实施例氧化膜厚度约为30μm。

[0054] 经过烘干后,在5A02铝及铝合金表面获得高耐蚀单致密微弧氧化膜层。本实施例的相关性能数据如下:

[0055] 致密氟陶瓷膜与基体结合力大于40MPa,陶瓷层硬度为800~1200HV,在3.5wt%氯化钠溶液中陶瓷层的自腐蚀电流密度小于1e-7A/cm<sup>2</sup>,较基体下降4~5个数量级。耐盐雾时间达到1000小时。

#### [0056] 实施例2

[0057] 1.材料准备:5A06铝合金切割打磨后,在丙酮溶液中用超声波清洗除油。

[0058] 2.低压直流钝化:钝化液中,氢氧化钠20g/L,硅酸钠5g/L,氟化钠5g/L,其余为水。温度10~35℃,处理10分钟,取出后立即用自来水清洗1~2分钟,再用去离子水清洗1~2分钟,钝化膜厚度为2μm。

[0059] 3.单脉冲高压三氧化二铝微弧氧化膜制备:硅酸钠30g/L,硼酸10ml/L,乙二胺四乙酸二钠3g/L,醋酸钠8g/L,其余为水。温度30℃,处理15分钟,电源模式:单正向,氧化终电压为450V,电流密度3A/dm<sup>2</sup>,频率600Hz,占空比20%,本实施例氧化膜厚度约为15um。

[0060] 4.双脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密微弧氧化膜烧结:草酸钠30g/L,硼酸10ml/L,乙二胺四乙酸二钠3g/L,磷酸钠3g/L,燃烧剂3g/L,其余为水。温度30℃,处理120分钟,电源模式:正反向,正向终电压为500V,负向终电压为90V,电流密度3A/dm<sup>2</sup>,频率600Hz,正向脉冲占空比60%,负向脉冲占空比30%。取出后立即用自来水清洗1~2分钟,再用去离子水清洗1~2分钟,本实施例氧化膜厚度约为40um。

[0061] 经过烘干后,在5A06铝及铝合金表面获得高耐蚀单致密微弧氧化膜层。本实施例的相关性能数据如下:

[0062] 致密陶瓷层与基体结合力大于40MPa;陶瓷层硬度为700~900HV,在3.5wt%氯化钠溶液中的自腐蚀电流密度小于1e-7A/cm<sup>2</sup>,较基体镁合金下降4~5个数量级。耐盐雾时间达到1500小时。

#### [0063] 实施例3

[0064] 1.材料准备:5083铝合金切割打磨后,在丙酮溶液中用超声波清洗除油。

[0065] 2. 低压直流钝化: 钝化液中, 氢氧化钠20g/L, 硅酸钠10g/L, 氟化钠5g/L, 其余为水。温度10~35℃, 处理10分钟, 取出后立即用自来水清洗1~2分钟, 再用去离子水清洗1~2分钟, 钝化膜厚度为2μm。

[0066] 3. 单脉冲高压三氧化二铝微弧氧化膜制备: 硅酸钾30g/L, 酒石酸6ml/L, 氟化钠3g/L, 醋酸钠5g/L, 其余为水。温度30℃, 处理60分钟, 电源模式: 单正向, 氧化终电压为450V, 电流密度2A/dm<sup>2</sup>, 频率500Hz, 占空比70%, 本实施例氧化膜厚度约为25um。

[0067] 4. 双脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密微弧氧化膜烧结: 草酸钠30g/L, 酒石酸15ml/L, 氟化钠3g/L, 硅酸钠5g/L, 燃烧剂3g/L, 其余为水。温度30℃, 处理180分钟, 电源模式: 正反向, 正向终电压为520V, 负向终电压为150V, 电流密度5A/dm<sup>2</sup>, 频率800Hz, 正向脉冲占空比70%, 负向脉冲占空比20%。取出后立即用自来水清洗1~2分钟, 再用去离子水清洗1~2分钟, 本实施例氧化膜厚度约为70~75um。

[0068] 经过烘干后, 在5083铝及铝合金表面获得高耐蚀单致密微弧氧化膜层。本实施例的相关性能数据如下:

[0069] 陶瓷层与基体结合力大于60MPa; 陶瓷层硬度为1000~1500HV, 在3.5wt%氯化钠溶液中陶瓷层的自腐蚀电流密度小于1e-9A/cm<sup>2</sup>, 较基体镁合金下降6~7个数量级。耐盐雾时间达到5000小时。

[0070] 实施例4

[0071] 1. 材料准备: 5A05合金切割打磨后, 在丙酮溶液中用超声波清洗除油。

[0072] 2.2. 低压直流钝化: 钝化液中, 氢氧化钠40g/L, 硅酸钠10g/L, 氟化钠5g/L, 其余为水。温度10~35℃, 处理10分钟, 取出后立即用自来水清洗1~2分钟, 再用去离子水清洗1~2分钟, 钝化膜厚度为2μm。

[0073] 3. 单脉冲高压三氧化二铝微弧氧化膜制备: 硅酸钾40g/L, 氢氧化钠5g/L, 乙二胺四乙酸二钠3g/L, 草酸钠5g/L, 其余为水。温度30℃, 处理30分钟, 电源模式: 单正向, 氧化终电压为500V, 电流密度5A/dm<sup>2</sup>, 频率800Hz, 占空比60%, 本实施例氧化膜厚度约为25um。

[0074] 4. 双脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密微弧氧化膜烧结: 草酸钠40g/L, 硼酸15ml/L, 乙二胺四乙酸二钠3g/L, 硅酸钠5g/L, 燃烧剂3g/L, 其余为水。温度30℃, 处理180分钟, 电源模式: 正反向, 正向终电压为500V, 负向终电压为180V, 电流密度5A/dm<sup>2</sup>, 频率800Hz, 正向脉冲占空比60%, 负向脉冲占空比30%。取出后立即用自来水清洗1~2分钟, 再用去离子水清洗1~2分钟, 本实施例氧化膜厚度约为70~80um。

[0075] 经过烘干后, 在5A05铝及铝合金表面获得高耐蚀单致密微弧氧化膜层。本实施例的相关性能数据如下:

[0076] 陶瓷层与基体结合力大于50MPa; 陶瓷层硬度为1000~1500HV, 在3.5wt%氯化钠溶液中陶瓷层的自腐蚀电流密度小于1e-9A/cm<sup>2</sup>, 较基体镁合金下降6~7个数量级。耐盐雾时间达到5000小时。

[0077] 实施例5

[0078] 1. 材料准备: 5083铝合金合金切割打磨后, 在丙酮溶液中用超声波清洗除。

[0079] 2.2. 低压直流钝化: 钝化液中, 氢氧化钠30g/L, 硅酸钠10g/L, 氟化钠2g/L, 其余为水。温度10~35℃, 处理5分钟, 取出后立即用自来水清洗1~2分钟, 再用去离子水清洗1~2分钟, 钝化膜厚度为1μm。



[0080] 3.单脉冲高压三氧化二铝微弧氧化膜制备:硅酸钠50g/L,氢氟酸5ml/L,乙二胺四乙酸二钠3g/L,草酸钠5g/L,其余为水。温度30℃,处理30分钟,电源模式:单正向,氧化终电压为480V,电流密度5A/dm<sup>2</sup>,频率500Hz,占空比50%,本实施例氧化膜厚度约为20um。

[0081] 4.双脉冲三氧化二铝/尖晶石单致密微弧氧化膜烧结:草酸钠50g/L,氢氟酸5ml/L,乙二胺四乙酸二钠3g/L,硅酸钠5g/L,燃烧剂3g/L,其余为水。温度30℃,处理180分钟,电源模式:正反向,正向终电压为550V,负向终电压为180V,电流密度10A/dm<sup>2</sup>,频率500Hz,正向脉冲占空比50%,负向脉冲占空比30%。取出后立即用自来水清洗1~2分钟,再用去离子水清洗1~2分钟,本实施例氧化膜厚度约为80~90um。

[0082] 经过烘干后,在铝及铝合金表面获得致密微弧氧化陶瓷膜。本实施例的相关性能数据如下:

[0083] 如图1-图4所示,本发明高压三氧化二铝膜层和三氧化二铝/尖晶石单致密膜层大致的结构和组成如:

[0084] (1)高压三氧化二铝膜层主要由致密层和疏松层组成,相比较疏松层,致密层内微孔孔径和数量均较少,但是疏松层内有很多缺陷微孔数量较多,;三氧化二铝/尖晶石单致密膜层几乎全部由致密层组成,厚度明显增加,整个膜层内部没有明显的缺陷和微裂纹,与基体结合十分紧密。

[0085] (2)高压三氧化二铝膜层相组成主要为 $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>,其次为 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Al;而三氧化二铝/尖晶石单致密膜层的相组成主要为 $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和Al含量很少。

[0086] 实施例结果表明,用本发明方法获取的5XXX铝及铝合金表面高耐蚀单致密微弧氧化膜层几乎没有任何疏松层,结构完整致密,厚度均匀,与基体结合牢固,实现5XXX铝及铝合金更加优异的耐蚀、耐磨损及高硬度的表面功能层。另外,整个工艺具有流程简单、设备低廉及环境友好等优点。

[0087] 以上所述仅是本发明优选实施方式而非对本发明保护范围的限制,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,可以对本发明的技术方案进行修改或同等替换,这些修改或同等替换也应视为本发明的保护范围。

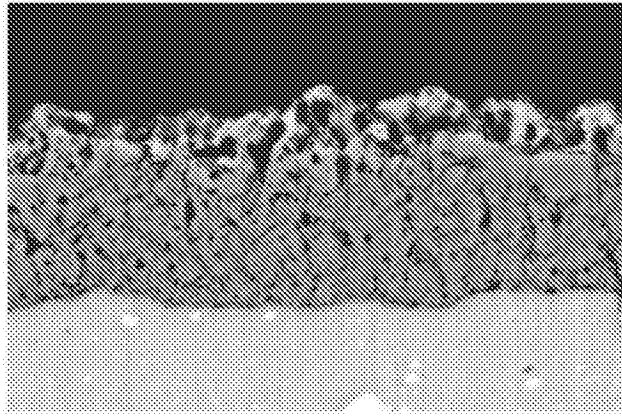


图1

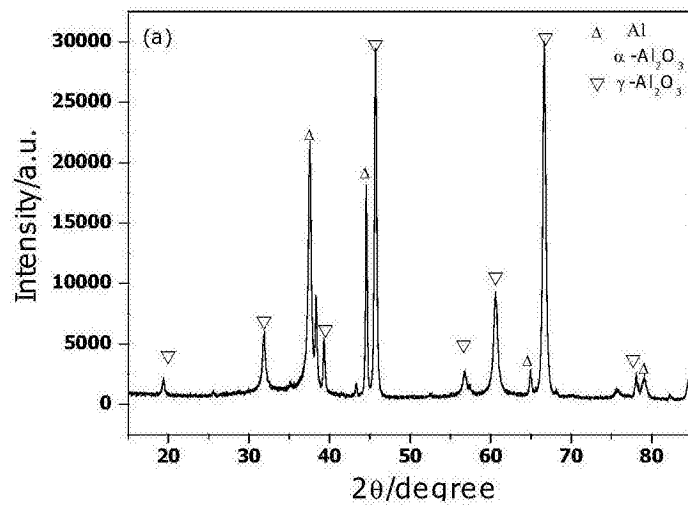


图2

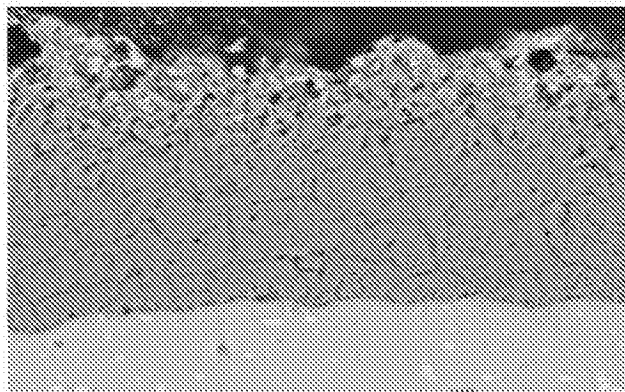


图3

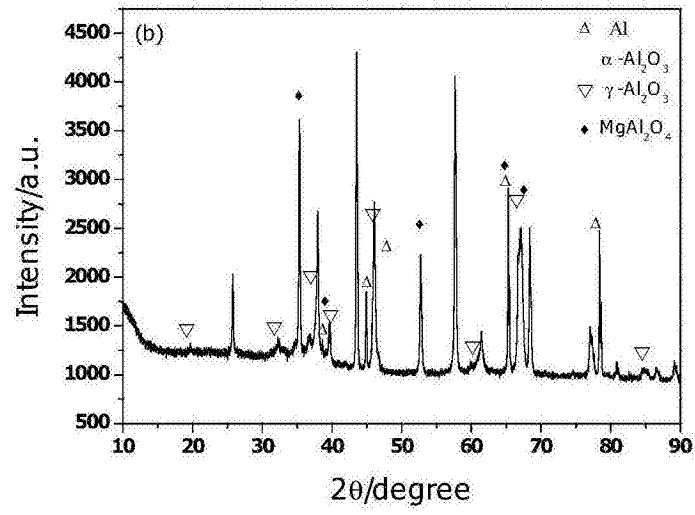


图4