(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114277331 A
(43)申请公布日 2022.04.05

(21)申请号 202111632645.3
(22)申请日 2021.12.28
(71)申请人 华电重工机械有限公司
地址 300402 天津市北辰区北辰科技园区景顺路8号
(72)发明人 李程嵘 唐莎莎 齐彩娟
(74)专利代理机构 北京尚钺知识产权代理事务所(普通合伙) 11723
代理人 严田青
(51)Int.Cl.
C23C 4/123(2016.01)
C22C 47/04(2006.01)
C22C 49/06(2006.01)
C22C 49/14(2006.01)
C23C 4/06(2016.01)
C22C 101/04(2006.01)
C22C 121/02(2006.01)

权利要求书2页 说明书8页 附图1页

(54)发明名称

一种塔筒表面防护复合材料及其制备方法和应用

(57)摘要

本发明公开了一种塔筒表面防护复合材料及其制备方法和应用。本发明通过镀铝氧化铝纤维制备、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备、塔筒基体镀层处理、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理和有机防腐层制备在塔筒基体表面形成由镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层以及依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆组成的塔筒表面防护复合材料，镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层的厚度为30μm-90μm，厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm，聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm。本发明制得的塔筒表面防护复合材料适用于大规模工业化产，可以提高塔筒在风沙吹蚀环境中耐腐蚀性能，可适用于风电塔筒的表面防护。

CN 114277331 A

1.一种塔筒表面防护复合材料的制备方法，其特征在于，所述制备方法包括下述步骤：

一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

1)配料：按重量百分比对以下成分进行配料，铁Fe 0.22％，硅Si 0.09％，铜Cu 0.05％，镁Mg 0.002％，镍Ni 0.02％，钕Nd 0.002％，镀铝Al_2O_3纤维2.0％-5.0％，余量为铝Al，进行配料，以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维；其中，镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm，长度为600nm；

2)复合合金熔体制备：在770℃的条件下将铝锭熔化，添加各中间合金，750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理，静置30min，精炼、除气、除渣并升温至770℃，得到铝合金熔体；向铝合金熔体中加入重量比为2.0％-5.0％的镀铝Al_2O_3纤维，750℃电磁搅拌30min，静置10min，得到复合合金熔体；

3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备：通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料，其中，热挤压温度为640℃-650℃，挤压减面率为15％-20％；通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ0.5mm-Φ1.5mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材；

二、塔筒基体镀层处理

1)塔筒基体表面处理：采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理，喷砂压力为2.0MPa，喷砂距离为300mm；采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理，采用去离子水冲洗后，烘干，得到表面处理后的塔筒基体；

2)喷镀处理：采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面，喷镀温度为820℃，喷镀空气压力为1.5MPa，氧气压力为0.55MPa，乙炔压力为0.05MPa；镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为10m/min-15m/min，喷镀距离为200mm，喷射角度为25°，在塔筒基体表面形成30μm-90μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理，选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸，喷丸压力为0.2-0.5MPa，喷丸距离为250mm，得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

四、有机防腐层制备

在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆，厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm，聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm，得到塔筒表面防护复合材料。

2.根据权利要求1所述的塔筒表面防护复合材料的制备方法在塔筒防腐材料制备领域的应用。

3.一种塔筒表面防护复合材料，其特征在于，所述塔筒表面防护复合材料根据权利要求1所述的制备方法制得。

4.根据权利要求3所述的塔筒表面防护复合材料，其特征在于，所述塔筒表面防护复合材料由镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层以及依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆组成。

5.根据权利要求4所述的塔筒表面防护复合材料，其特征在于，所述镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层的厚度为30μm-90μm。

6.根据权利要求5所述塔筒表面防护复合材料，其特征在于，所述厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm。

7.根据权利要求6所述塔筒表面防护复合材料,其特征在于,所述聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm。

8.根据权利要求3-7任一所述的塔筒表面防护复合材料在塔筒防腐领域中的应用。

一种塔筒表面防护复合材料及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明属于复合材料领域，具体涉及一种塔筒表面防护复合材料及其制备方法和应用。

背景技术

[0002] 随着传统能源储量的不断消耗以及其利用带来的日益严重的环境问题，清洁能源的开发和利用已经成为当今世界发展的重要主题和内容。风能是一种重要的绿色能源，具有可再生、清洁无污染、分布广的优点，具有广阔的开发和应用前景。风电塔筒作为风力发电机组系统的支撑基础和运行平台，是风力发电机组系统得以安全运行的重要保证。在实际工程应用中，振动疲劳断裂和腐蚀破坏是造成风电塔筒失效的最主要形式，而腐蚀破坏则会进一步引起和加剧振动疲劳断裂的发生，因此，防腐处理是塔筒制造领域关注的重点。

[0003] 现有的塔筒外表面通常按以下方式进行表面处理，中等腐蚀环境中，采用厚浆型环氧漆为底层，聚氨酯面漆为面层，当需要长效型防护时，增加底层的厚度；高等腐蚀环境中，采用环氧富锌底漆为底层，环氧云铁中间漆为中间层，聚氨酯面漆为面层，当需要长效型防护时，增加中间层的厚度。随着应用场景的环境不断复杂，高低温、风沙、风雨、光照等因素对风电塔筒的影响日益突出，单纯的有机防护复合材料在极端环境中的不足越来越明显。如何在提高防护复合材料自身稳定性的同时，提高防护复合材料对塔筒的防护周期，具有重要意义。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种塔筒表面防护复合材料及其制备方法和应用。

[0005] 首先，根据本发明的一方面，本发明提供了一种塔筒表面防护复合材料的制备方法，所述制备方法包括下述步骤：

[0006] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0007] 1)配料：按重量百分比对以下成分进行配料，铁Fe 0.22%，硅Si 0.09%，铜Cu 0.05%，镁Mg 0.002%，镍Ni 0.02%，钕Nd 0.002%，镀铝Al_2O_3纤维2.0%-5.0%，余量为铝Al，进行配料，以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维；其中，镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm，长度为600nm；

[0008] 2)复合合金熔体制备：在770℃的条件下将铝锭熔化，添加各中间合金，750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理，静置30min，精炼、除气、除渣并升温至770℃，得到铝合金熔体；向铝合金熔体中加入重量比为2.0%-5.0%的镀铝Al_2O_3纤维，750℃电磁搅拌30min，静置10min，得到复合合金熔体；

[0009] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备：通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料，其中，热挤压温度为640℃-650℃，挤压减面率为15%-20%；通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ0.5mm-Φ1.5mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材；

[0010] 二、塔筒基体镀层处理

[0011] 1)塔筒基体表面处理:采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理,喷砂压力为2.0MPa,喷砂距离为300mm;采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理,采用去离子水冲洗后,烘干,得到表面处理后的塔筒基体;

[0012] 2)喷镀处理:采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面,喷镀温度为820℃,喷镀空气压力为1.5MPa,氧气压力为0.55MPa,乙炔压力为0.05MPa;镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为10m/min-15m/min,喷镀距离为200mm,喷射角度为25°,在塔筒基体表面形成30μm-90μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0013] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0014] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理,选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸,喷丸压力为0.2-0.5MPa,喷丸距离为250mm,得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0015] 四、有机防腐层制备

[0016] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆,厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm,聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm,得到塔筒表面防护复合材料。

[0017] 本发明还涉及上述的塔筒表面防护复合材料的制备方法在塔筒防腐材料制备领域的应用。

[0018] 根据本发明的另一方面,本发明提供了一种按上述制备方法进行制备的塔筒表面防护复合材料。

[0019] 进一步地,本发明涉及的塔筒表面防护复合材料由镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层以及依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆组成。

[0020] 进一步地,本发明塔筒表面防护复合材料中,镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层的厚度为30μm-90μm。

[0021] 进一步地,本发明塔筒表面防护复合材料中,厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm。

[0022] 进一步地,本发明塔筒表面防护复合材料中,聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm。

[0023] 最后,本发明还涉及上述塔筒表面防护复合材料在塔筒防腐领域中的应用。

[0024] 与现有技术相比,本发明的塔筒表面防护复合材料的制备方法,适用于大规模工业化产,可以提高塔筒在风沙吹蚀环境中耐腐蚀性能,可适用于风电塔筒的表面防护。

附图说明

[0025] 下面结合附图和具体实施方式对本发明作进一步详细地说明。

[0026] 图1为实施例3制得的试样强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层的腐蚀形貌图;

[0027] 图2为实施例5制得的试样强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层的腐蚀形貌图。

具体实施方式

[0028] 以下通过特定的具体实例详细描述本发明的实施方式,但是以下具体实施方式本

质上仅是示例，本发明还可以通过另外不同的具体实施方式加以实施或应用，本说明书中的各项细节也可以基于不同观点与应用，在没有背离本发明的精神下进行各种修饰或改变。

[0029] 除非另有指明，本发明中使用的所有技术和科学术语与本领域技术人员通常理解的意义相同。除实施例中使用的具体方法、设备、材料外，根据本领域技术人员对现有技术的掌握及本发明的记载，还可以使用与本发明实施例中所述的方法、设备、材料相似或等同的现有技术的任何方法、设备和材料来实现本发明。

[0030] 实施例1

[0031] 一种塔筒表面防护复合材料的制备方法：

[0032] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0033] 1)配料：按重量百分比对以下成分进行配料，铁Fe 0.22％，硅Si 0.09％，铜Cu 0.05％，镁Mg 0.002％，镍Ni 0.02％，钕Nd 0.002％，镀铝Al_2O_3纤维2.0％，余量为铝Al，进行配料，以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维；其中，镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm，长度为600nm；

[0034] 2)复合合金熔体制备：在770℃的条件下将铝锭熔化，添加各中间合金，750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理，静置30min，精炼、除气、除渣并升温至770℃，得到铝合金熔体；向铝合金熔体中加入重量比为2.0％的镀铝Al_2O_3纤维，750℃电磁搅拌30min，静置10min，得到复合合金熔体；

[0035] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备：通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料，其中，热挤压温度为640℃-650℃，挤压减面率为20％；通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ0.5mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材；

[0036] 二、塔筒基体镀层处理

[0037] 1)塔筒基体表面处理：采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理，喷砂压力为2.0MPa，喷砂距离为300mm；采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理，采用去离子水冲洗后，烘干，得到表面处理后的塔筒基体；

[0038] 2)喷镀处理：采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面，喷镀温度为820℃，喷镀空气压力为1.5MPa，氧气压力为0.55MPa，乙炔压力为0.05MPa；镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为15m/min，喷镀距离为200mm，喷射角度为25°，在塔筒基体表面形成30μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0039] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0040] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理，选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸，喷丸压力为0.2MPa，喷丸距离为250mm，得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0041] 四、有机防腐层制备

[0042] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆，厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm，聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm，得到塔筒表面防护复合材料。

[0043] 实施例2

[0044] 一种塔筒表面防护复合材料的制备方法：

[0045] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0046] 1)配料:按重量百分比对以下成分进行配料,铁Fe 0.22%,硅Si 0.09%,铜Cu 0.05%,镁Mg 0.002%,镍Ni 0.02%,钕Nd 0.002%,镀铝Al_2O_3纤维3.0%,余量为铝Al,进行配料,以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维;其中,镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm,长度为600nm;

[0047] 2)复合合金熔体制备:在770℃的条件下将铝锭熔化,添加各中间合金,750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理,静置30min,精炼、除气、除渣并升温至770℃,得到铝合金熔体;向铝合金熔体中加入重量比为3.0%的镀铝Al_2O_3纤维,750℃电磁搅拌30min,静置10min,得到复合合金熔体;

[0048] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备:通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料,其中,热挤压温度为640℃-650℃,挤压减面率为20%;通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ0.8mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材;

[0049] 二、塔筒基体镀层处理

[0050] 1)塔筒基体表面处理:采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理,喷砂压力为2.0MPa,喷砂距离为300mm;采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理,采用去离子水冲洗后,烘干,得到表面处理后的塔筒基体;

[0051] 2)喷镀处理:采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面,喷镀温度为820℃,喷镀空气压力为1.5MPa,氧气压力为0.55MPa,乙炔压力为0.05MPa;镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为12m/min,喷镀距离为200mm,喷射角度为25°,在塔筒基体表面形成50μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0052] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0053] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理,选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸,喷丸压力为0.2MPa,喷丸距离为250mm,得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0054] 四、有机防腐层制备

[0055] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆,厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm,聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm,得到塔筒表面防护复合材料。

[0056] 实施例3

[0057] 一种塔筒表面防护复合材料的制备方法:

[0058] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0059] 1)配料:按重量百分比对以下成分进行配料,铁Fe 0.22%,硅Si0.09%,铜Cu 0.05%,镁Mg 0.002%,镍Ni 0.02%,钕Nd 0.002%,镀铝Al_2O_3纤维4.0%,余量为铝Al,进行配料,以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维;其中,镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm,长度为600nm;

[0060] 2)复合合金熔体制备:在770℃的条件下将铝锭熔化,添加各中间合金,750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理,静置30min,精炼、除气、除渣并升温至770℃,得到铝合金熔体;向铝合金熔体中加入重量比为4.0%的镀铝Al_2O_3纤维,750℃电磁搅拌30min,静置10min,得到复合合金熔体;

[0061] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备:通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料,其中,热挤压温度为640℃-650℃,挤压减面率为18%;通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ1.0mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材;

[0062] 二、塔筒基体镀层处理

[0063] 1)塔筒基体表面处理:采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理,喷砂压力为2.0MPa,喷砂距离为300mm;采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理,采用去离子水冲洗后,烘干,得到表面处理后的塔筒基体;

[0064] 2)喷镀处理:采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面,喷镀温度为820℃,喷镀空气压力为1.5MPa,氧气压力为0.55MPa,乙炔压力为0.05MPa;镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为13m/min,喷镀距离为200mm,喷射角度为25°,在塔筒基体表面形成60μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0065] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0066] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理,选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸,喷丸压力为0.3MPa,喷丸距离为250mm,得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层;

[0067] 四、有机防腐层制备

[0068] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆,厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm,聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm,得到塔筒表面防护复合材料。

[0069] 实施例4

[0070] 一种塔筒表面防护复合材料的制备方法:

[0071] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0072] 1)配料:按重量百分比对以下成分进行配料,铁Fe 0.22%,硅Si0.09%,铜Cu 0.05%,镁Mg 0.002%,镍Ni 0.02%,钕Nd 0.002%,镀铝Al_2O_3纤维4.0%,余量为铝Al,进行配料,以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维;其中,镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm,长度为600nm;

[0073] 2)复合合金熔体制备:在770℃的条件下将铝锭熔化,添加各中间合金,750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理,静置30min,精炼、除气、除渣并升温至770℃,得到铝合金熔体;向铝合金熔体中加入重量比为4.0%的镀铝Al_2O_3纤维,750℃电磁搅拌30min,静置10min,得到复合合金熔体;

[0074] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备:通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料,其中,热挤压温度为640℃-650℃,挤压减面率为15%;通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ1.2mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材;

[0075] 二、塔筒基体镀层处理

[0076] 1)塔筒基体表面处理:采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理,喷砂压力为2.0MPa,喷砂距离为300mm;采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理,采用去离子水冲洗后,烘干,得到表面处理后的塔筒基体;

[0077] 2)喷镀处理:采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面,喷镀温度为820℃,喷镀空气压力为1.5MPa,氧气压力为0.55MPa,乙炔压力

为0.05MPa；镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为10m/min，喷镀距离为200mm，喷射角度为25°，在塔筒基体表面形成90μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0078] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0079] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理，选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸，喷丸压力为0.5MPa，喷丸距离为250mm，得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0080] 四、有机防腐层制备

[0081] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆，厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm，聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm，得到塔筒表面防护复合材料。

[0082] 实施例5

[0083] 一种塔筒表面防护复合材料的制备方法：

[0084] 一、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备

[0085] 1)配料：按重量百分比对以下成分进行配料，铁Fe 0.22％，硅Si0.09％，铜Cu 0.05％，镁Mg 0.002％，镍Ni 0.02％，钕Nd 0.002％，镀铝Al_2O_3纤维5.0％，余量为铝Al，进行配料，以此准备铝锭、铝中间合金和镀铝Al_2O_3纤维；其中，镀铝Al_2O_3纤维的直径为200nm，长度为600nm；

[0086] 2)复合合金熔体制备：在770℃的条件下将铝锭熔化，添加各中间合金，750℃保温并进行20min的电磁搅拌处理，静置30min，精炼、除气、除渣并升温至770℃，得到铝合金熔体；向铝合金熔体中加入重量比为5.0％的镀铝Al_2O_3纤维，750℃电磁搅拌30min，静置10min，得到复合合金熔体；

[0087] 3)镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材制备：通过热挤压将复合合金熔体成型为铝合金杆坯料，其中，热挤压温度为640℃-650℃，挤压减面率为15％；通过多道次拉制成型将铝合金杆坯料拉制成规格为Φ1.5mm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材；

[0088] 二、塔筒基体镀层处理

[0089] 1)塔筒基体表面处理：采用1mm的石英砂对塔筒基体表面进行机械喷砂处理，喷砂压力为2.0MPa，喷砂距离为300mm；采用丙酮除油、0.05mol/L的稀盐酸除锈处理，采用去离子水冲洗后，烘干，得到表面处理后的塔筒基体；

[0090] 2)喷镀处理：采用高速喷枪将镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材喷镀在表面处理后的塔筒基体表面，喷镀温度为820℃，喷镀空气压力为1.5MPa，氧气压力为0.55MPa，乙炔压力为0.05MPa；镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金线材的送丝速度为10m/min，喷镀距离为200mm，喷射角度为25°，在塔筒基体表面形成90μm的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0091] 三、镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层强化处理

[0092] 采用干式喷丸机对塔筒基体表面的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行强化处理，选用平均粒径为0.5mm的氧化锆陶瓷丸，喷丸压力为0.5MPa，喷丸距离为250mm，得到强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层；

[0093] 四、有机防腐层制备

[0094] 在强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层上依次涂装厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆，厚浆型环氧漆的干膜厚度不小于120μm，聚氨酯面漆的干膜厚度不小于40μm，得到

塔筒表面防护复合材料。

[0095] 实施例6

[0096] 根据GB/T 10125《人造气氛腐蚀试验-盐雾试验》盐雾试验方法对实施例1至实施例5制得强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行盐雾腐蚀试验。试验时间为30天，喷雾方式为连续式，试验温度为35±2℃，盐雾沉降率为1-2ml·$80cm^{-2}$·h^{-1}，盐雾腐蚀液为浓度50g/l±5g/l的氯化钠溶液，氯化钠溶液PH值为7.0。采用称重法对各试样的质量变化进行计算，试验结果见表1。

[0097] 表1

[0098]

腐蚀时间	质量变化率/%				
	实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5
30 天	0.852	0.765	0.536	0.742	0.902

[0099] 采用型号为JSM-6490LV的扫描电子显微镜对实施例3和实施例5制得试样进行腐蚀形貌观察。如图1所示，实施例3制备的试样在经过30天的盐雾腐蚀后，强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层表面出现白色腐蚀产物，除局部堆积外，腐蚀产物的总体颗粒尺寸较小；如图2所示，与实施例3相比，实施例5制备的试样在经过30天的盐雾腐蚀后，强化处理后的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层表面出现白色腐蚀产物颗粒明显增大，呈多区域的局部团簇。这与称重法测得的试验结果相吻合。

[0100] 根据GB/T 9793《热喷涂金属和其他无机覆盖层锌、铝及其合金》中附着力性能试验方法中划格试验对实施例1至实施例5所制备的镀铝Al_2O_3纤维复合铝合金镀层进行附着力检测，当划格面积为15mm×15mm，划痕间距为3mm时，采用粘胶带以5N载荷压紧划格面积中的镀层上，并沿垂直镀层表面的方向上快速拉开，镀层无剥落和开裂。

[0101] 根据风电塔筒表面防护层检测指标要求对实施例1至实施例5制备的塔筒表面防护复合材料中的厚浆型环氧漆和聚氨酯面漆进行性能测试，测试结果见表2和表3。

[0102] 表2

[0103]

项目	性能指标	试样					检测方法
		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	
附着力	≥5Mpa	15.1	15.3	14.5	14.1	16.2	GB/T 5210
耐弯曲性	≤2mm	1	1	1	1	1	GB/T 1732

[0104] 表3

[0105]

项目	性能指标	试样					检测方法
		实施例 1	实施例 2	实施例 3	实施例 4	实施例 5	
附着力	≥5Mpa	11.6	11.3	13.5	12.1	13.2	GB/T 5210
耐弯曲性	≤2mm	1	1	1	1	1	GB/T 1732

[0106] 由表1可见，实施例1至实施例5制备的塔筒表面防护复合材料的附着力、耐盐雾性和柔韧性符合风电塔筒防护的指标要求。

[0107] 以上所述的本发明实施方式，并不构成对本发明保护范围的限定。任何在本发明的精神和原则之内所作的修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明的权利要求保护范围之内。

图1

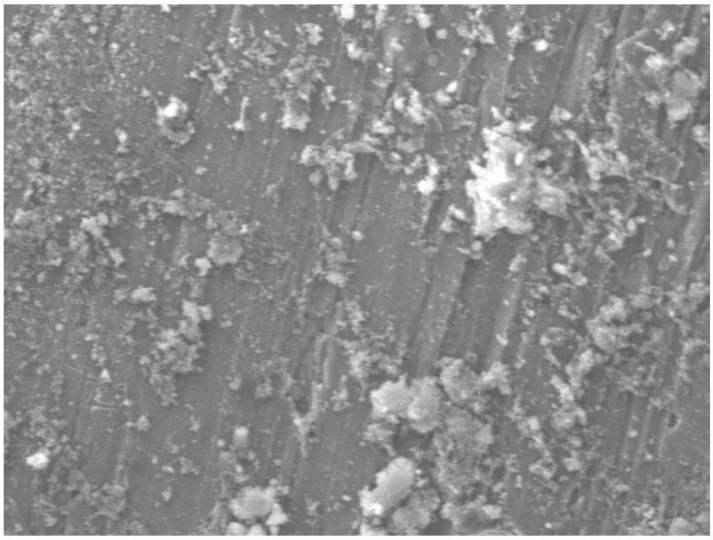

图2