



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 119144192 A

(43) 申请公布日 2024. 12. 17

(21) 申请号 202411640893.6

C09D 181/06 (2006.01)

(22) 申请日 2024.11.18

C09D 179/08 (2006.01)

(71) 申请人 西安稀有金属材料研究院有限公司

C09D 5/08 (2006.01)

地址 710076 陕西省西安市高新区天谷七
路996号西安国家数字出版基地C座2
层

C09D 7/61 (2018.01)

(72) 发明人 张文娟 闫大帅 卫林峰 陈振
刘晓邦 张涵威 段仪豪 刘贵茹
邱龙时 胡小刚

(74) 专利代理机构 北京律智知识产权代理有限
公司 11438

专利代理师 阚梓瑄

(51) Int. Cl.

C09D 127/18 (2006.01)

C09D 129/10 (2006.01)

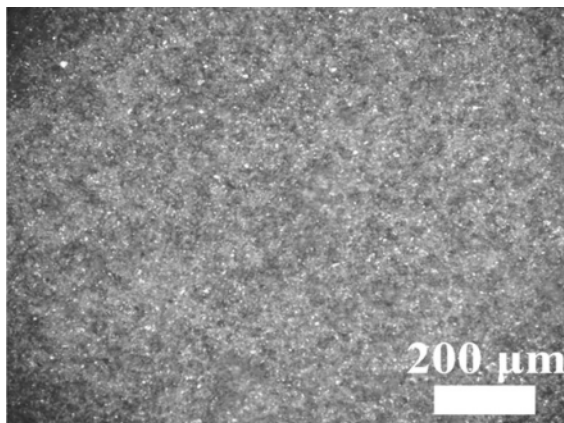
权利要求书2页 说明书14页 附图11页

(54) 发明名称

水性聚四氟乙烯涂料及其制备方法

(57) 摘要

本公开提供了一种水性聚四氟乙烯涂料及其制备方法,涉及航空航天技术领域,该水性聚四氟乙烯涂料包括:聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;其中,功能性浆料包括多孔石墨纤维-二硫化钼组装体以及耐磨填料与复合分散剂;聚四氟乙烯乳液为20~35重量份;全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液为5~15重量份;粘结剂为5~10重量份;功能性浆料为10~25重量份;高温流平剂为0.5~1重量份;醇酯十二为1~5重量份。本公开所提供的水性聚四氟乙烯涂料能够有效提升涂层的耐磨、润滑和防腐性能,并显著改善聚四氟乙烯树脂与填料之间的界面相容性,减小涂层表面裂纹,提高临界开裂厚度。



1. 一种水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述水性聚四氟乙烯涂料包括:聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;其中:

所述聚四氟乙烯乳液的重量份为20~35重量份;

所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的重量份为5~15重量份;

所述粘结剂的重量份为5~10重量份;

所述功能性浆料的重量份为10~25重量份;所述功能性浆料包括多孔石墨纤维-二硫化钼组装体以及耐磨填料与复合分散剂;所述耐磨填料为纳米填料;

所述高温流平剂的重量份为0.5~1重量份;

所述醇酯十二的重量份为1~5重量份;

所述增稠剂的重量份为0.2~0.5重量份;

所述消泡剂的重量份为0.2~0.5重量份。

2. 根据权利要求1所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述多孔石墨纤维的长度包括10~30 μm ,所述多孔石墨纤维的孔隙率包括0.03 ~0.08 cm^3/g 。

3. 根据权利要求2所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述功能性浆料是通过如下方式制备得到的:

(1) 采用均质机将所述多孔石墨纤维分散于含聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸的水溶液中,得到第一混合溶液,并在对第一混合溶液进行搅拌的状态下依次加入钼酸钠和硫脲,得到第二混合溶液;

(2) 将所述第二混合溶液的pH值调整至4~5,将pH值调节后的第二混合溶液搅拌均匀后转移至反应釜,并在反应釜中以160~220 $^{\circ}\text{C}$ 水热温度反应12~48 h;

(3) 反应结束后,对与pH值调节后的第二混合溶液对应的反应结果进行离心洗涤,得到所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体;

(4) 称取所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体20~30份,硅藻土5~15份,纳米填料10~20份,复合分散剂0.5~5份,水40~50份,并采用球磨分散的方式对所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、硅藻土、纳米填料、复合分散剂以及水进行混合均匀后,得到所述功能性浆料。

4. 根据权利要求3所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,在制备所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,所述钼酸钠与所述多孔石墨纤维之间的质量比为1~3:1;

所述钼酸钠与所述硫脲的质量比为0.9:1~1.5:1;

所述聚乙烯吡咯烷酮的添加量为所述钼酸钠质量份的30%~60%;

所述抗坏血酸的添加量为所述钼酸钠质量份的18%~72%,所述抗坏血酸的浓度为0.01~0.06 mol/L;

所述硅藻土的粒径为400~800目;

所述纳米填料包括钛白粉、氧化铬以及氧化铝中的至少一种,所述钛白粉、氧化铬以及氧化铝的粒径为200~800目;

所述复合分散剂由聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液组成,在所述复合分散剂中,所述聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液的质量比为1:1:1~1:2:2。

5. 根据权利要求3所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,在所述多孔石墨纤维-二

硫化钼组装体中,所述二硫化钼为球形颗粒,所述二硫化钼的平均粒径为3 μm ;

在制备所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,所述硫脲和抗坏血酸作为协同还原剂,所述聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸作为协同表面活性剂。

6. 根据权利要求1所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述聚四氟乙烯乳液的浓度为60 wt%,所述聚四氟乙烯乳液的平均粒径范围200~300 nm,所述聚四氟乙烯乳液的pH范围为9~11;

所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的浓度为50 wt%,所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的平均粒径范围150~250 nm,所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的pH范围为9~11。

7. 根据权利要求1所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述粘结剂包括无机粘结剂以及有机粘结剂;

所述无机粘结剂包括硅酸钠、硅溶胶以及铝溶胶中的至少一种;

所述有机粘结剂包括聚酰胺酰亚胺以及聚醚砜;

在所述粘结剂中,所述无机粘结剂与所述有机粘结剂之间的质量比为1:5~1:1。

8. 根据权利要求1所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述粘结剂包括硅溶胶、聚醚砜以及聚酰胺酰亚胺中的多种;

在所述粘结剂中,由所述硅溶胶组成的无机粘结剂和由所述聚酰胺酰亚胺以及聚醚砜组成的有机粘结剂之间的质量比为1:3;

在所述有机粘结剂中,所述聚醚砜和所述聚酰胺酰亚胺之间的质量比为2:1;

所述聚醚砜和聚酰胺酰亚胺为25%固含的水悬浮液。

9. 根据权利要求1所述的水性聚四氟乙烯涂料,其特征在于,所述高温流平剂包括改性聚硅氧烷类;

所述增稠剂包括碱溶胀缔合型增稠剂;

所述水性聚四氟乙烯涂料还包括pH调节剂和水,所述pH调节剂包括氢氧化钠、氢氧化钾、氨水中的至少一种。

10. 一种根据权利要求1-9任一项所述的水性聚四氟乙烯涂料的制备方法,其特征在于,包括:

在聚四氟乙烯乳液中按顺序加入水、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂以及消泡剂,得到所述水性聚四氟乙烯涂料;

其中,在加入增稠剂之前,需要通过pH调节剂将pH值调节至8~9;在制备所述水性聚四氟乙烯涂料的过程中,搅拌速度为600~1200 rpm。

水性聚四氟乙烯涂料及其制备方法

技术领域

[0001] 本公开涉及航空航天技术领域,具体而言,涉及一种水性聚四氟乙烯涂料以及水性聚四氟乙烯涂料的制备方法。

背景技术

[0002] 航空飞行器在运行过程中需要面对各种严苛的环境条件,比如可以包括但不限于高温、低温、高湿、盐雾、台风、暴雨、结冰等极端气候。在此场景下,为了确保飞行器能够在这些复杂环境中正常工作并保持其性能和可靠性,需要在飞行器的表面涂覆高性能防护涂层。聚四氟乙烯(PTFE)作为全氟聚合物,是目前有机高分子材料中耐化学性能最佳的材料之一,以聚四氟乙烯为主体的水性涂料不仅对环境友好,且具有优异的耐污、耐热、自润滑以及电绝缘性能,成为航空飞行器表面防护涂层的首选。

[0003] 然而,目前的水性聚四氟乙烯涂料存在耐磨性差、附着力不足、防腐性差、涂层极易产生裂纹等缺点,无法应对航空飞行器极端苛刻的高转速、高应力以及强腐蚀的服役环境;因此,为了提高航空飞行器在飞行过程中的安全性,需要开发耐磨、防腐、润滑等性能更高的水性聚四氟乙烯涂料。

[0004] 需要说明的是,在上述背景技术部分公开的信息仅用于加强对本公开的背景的理解,因此可以包括不构成对本领域普通技术人员已知的现有技术的信息。

发明内容

[0005] 有鉴于此,提供了一种水性聚四氟乙烯涂料以及水性聚四氟乙烯涂料的制备方法,进而至少在一定程度上克服由于相关技术的限制和缺陷而导致的水性聚四氟乙烯涂料存在耐磨性差、附着力不足、防腐性差、涂层极易产生裂纹的问题。

[0006] 根据本公开的一个方面,提供一种水性聚四氟乙烯涂料,该水性聚四氟乙烯涂料包括:聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;其中:

所述聚四氟乙烯乳液的重量份为20~35重量份;

所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的重量份为5~15重量份;

所述粘结剂的重量份为5~10重量份;

所述功能性浆料的重量份为10~25重量份;所述功能性浆料包括多孔石墨纤维-二硫化钼组装体以及耐磨填料与复合分散剂;所述耐磨填料为纳米填料;

所述高温流平剂的重量份为0.5~1重量份;

所述醇酯十二的重量份为1~5重量份;

所述增稠剂的重量份为0.2~0.5重量份;

所述消泡剂的重量份为0.2~0.5重量份。

[0007] 在本公开的一种示例性实施例中,所述多孔石墨纤维的长度包括10~30 μm ,所述多孔石墨纤维的孔隙率包括0.03 ~0.08 cm^3/g 。

[0008] 在本公开的一种示例性实施例中,所述功能性浆料是通过如下方式制备得到的:

(1) 采用均质机将所述多孔石墨纤维分散于含聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸的水溶液中,得到第一混合溶液,并在对第一混合溶液进行搅拌的状态下依次加入钼酸钠和硫脲,得到第二混合溶液;

(2) 将所述第二混合溶液的pH值调整至4~5,将pH值调节后的第二混合溶液搅拌均匀后转移至反应釜,并在反应釜中以160~220℃水热温度反应12~48 h;

(3) 反应结束后,对与pH值调节后的第二混合溶液对应的反应结果进行离心洗涤,得到所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体;

(4) 称取所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体20~30份,硅藻土5~15份,纳米填料10~20份,复合分散剂0.5~5份,水40~50份,并采用球磨分散的方式对所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、硅藻土、纳米填料、复合分散剂以及水进行混合均匀后,得到所述功能性浆料。

[0009] 在本公开的一种示例性实施例中,在制备所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,所述钼酸钠与所述多孔石墨纤维之间的质量比为1~3:1;

所述钼酸钠与所述硫脲的质量比为0.9:1~1.5:1;

所述聚乙烯吡咯烷酮的添加量为所述钼酸钠质量份的30%~60%;

所述抗坏血酸的添加量为所述钼酸钠质量份的18%~72%,所述抗坏血酸的浓度为0.01~0.06 mol/L;

所述硅藻土的粒径为400~800目;

所述纳米填料包括钛白粉、氧化铬以及氧化铝中的至少一种,所述钛白粉、氧化铬以及氧化铝的粒径为200~800目;

所述复合分散剂由聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液组成,在所述复合分散剂中,所述聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液的质量比为1:1:1~1:2:2。

[0010] 在本公开的一种示例性实施例中,在所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体中,所述二硫化钼为球形颗粒,所述二硫化钼的平均粒径为3 μm;

在制备所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,所述硫脲和抗坏血酸作为协同还原剂,所述聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸作为协同表面活性剂。

[0011] 在本公开的一种示例性实施例中,所述聚四氟乙烯乳液的浓度为60 wt%,所述聚四氟乙烯乳液的平均粒径范围200~300 nm,所述聚四氟乙烯乳液的pH范围为9~11;

所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的浓度为50 wt%,所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的平均粒径范围150~250 nm,所述全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的pH范围为9~11。

[0012] 在本公开的一种示例性实施例中,所述粘结剂包括无机粘结剂以及有机粘结剂;

所述无机粘结剂包括硅酸钠、硅溶胶以及铝溶胶中的至少一种;

所述有机粘结剂包括聚酰胺酰亚胺以及聚醚砜;

在所述粘结剂中,所述无机粘结剂与所述有机粘结剂之间的质量比为1:5~1:1。

[0013] 在本公开的一种示例性实施例中,所述粘结剂包括硅溶胶、聚醚砜以及聚酰胺酰亚胺中的多种;

在所述粘结剂中,由所述硅溶胶组成的无机粘结剂和由所述聚酰胺酰亚胺以及聚

醚砜组成的有机粘结剂之间的质量比为1:3;

在所述有机粘结剂中,所述聚醚砜和所述聚酰胺酰亚胺之间的质量比为2:1;
所述聚醚砜和聚酰胺酰亚胺为25%固含的水悬浮液。

[0014] 在本公开的一种示例性实施例中,所述高温流平剂包括改性聚硅氧烷类;
所述增稠剂包括碱溶胀缔合型增稠剂;

所述水性聚四氟乙烯涂料还包括pH调节剂和水,所述pH调节剂包括氢氧化钠、氢氧化钾、氨水中的至少一种。

[0015] 根据本公开的一个方面,提供一种根据上述任意一项所述的水性聚四氟乙烯涂料的制备方法,包括:

在聚四氟乙烯乳液中按顺序加入水、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂以及消泡剂,得到所述水性聚四氟乙烯涂料;

其中,在加入增稠剂之前,需要通过pH调节剂将pH值调节至8~9;在制备所述水性聚四氟乙烯涂料的过程中,搅拌速度为600~1200 rpm。

[0016] 在本公开示例实施例所提供的一种水性聚四氟乙烯涂料中,一方面,由于水性聚四氟乙烯涂料添加了聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;进而可以在提升由该水性聚四氟乙烯形成的涂层的耐磨性的基础上,提升该涂层的润滑性和防腐性能;另一方面,还可以改善该水性聚四氟乙烯树脂与填料之间的界面相容性,进而达到减少涂层表面裂纹并提高临界开裂厚度的目的;再一方面,基于该水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层,能够有效提升涂层的耐磨、润滑和防腐性能,并显著改善聚四氟乙烯树脂与填料之间的界面相容性,减小涂层表面裂纹,提高临界开裂厚度。

[0017] 应当理解的是,以上的一般描述和后文的细节描述仅是示例性和解释性的,并不能限制本公开。

附图说明

[0018] 此处的附图被并入说明书中并构成本说明书的一部分,示出了符合本公开的实施例,并与说明书一起用于解释本公开的原理。显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本公开的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0019] 图1示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种实施例1中所涉及到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图。

[0020] 图2示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于实施例1所记载的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图。

[0021] 图3示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于对比例2所记载的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图。

[0022] 图4示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于对比例3所记载的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图。

[0023] 图5示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种实施例1的摩擦系数的测试结果

果示例图。

[0024] 图6示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于实施例2中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下680 h后得到的实物图。

[0025] 图7示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于实施例3中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在Taber磨损前后的实物图。

[0026] 图8示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于实施例4中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下680 h后得到的实物图。

[0027] 图9示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于实施例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的附着力测试结果示例图。

[0028] 图10示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于对比例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下88 h后得到的实物的示例图。

[0029] 图11示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于对比例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的摩擦系数的测试结果示例图。

[0030] 图12示意性示出根据本公开示例性实施例中的一种基于对比例3中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下168 h后得到的SEM图。

具体实施方式

[0031] 现在将参考附图更全面地描述示例实施方式。然而,示例实施方式能够以多种形式实施,且不应被理解为限于在此阐述的实施方式;相反,提供这些实施方式使得本公开将全面和完整,并将示例实施方式的构思全面地传达给本领域的技术人员。图中相同的附图标记表示相同或类似的结构,因而将省略它们的详细描述。此外,附图仅为本公开的示意性图解,并非一定是按比例绘制。

[0032] 用语“一个”、“一”、“该”、“所述”和“至少一个”用以表示存在一个或多个要素/组成部分/等;用语“包括”和“具有”用以表示开放式的包括在内的意思并且是指除了列出的要素/组成部分/等之外还可存在另外的要素/组成部分/等;用语“第一”、“第二”和“第三”等仅作为标记使用,不是对其对象的数量限制。

[0033] 在实际应用的过程中,为了提升由水性聚四氟乙烯涂料形成涂层的耐磨、防腐、润滑、光热等性能,可以在水性聚四氟乙烯涂料中加入相应的功能性填料。比如,在相关技术方案中,可以在水性聚四氟乙烯涂料中添加亲水性功能填料,通过增强与聚四氟乙烯的界面结合提升力学和稳定性能。然而,由于该方案对涂层耐磨、防腐、润滑等综合性能的提升有限,且目前所报道的聚四氟乙烯涂层厚度大多在15~25 μm 之间;因此,涂层表面厚度不足会导致阻隔能力不足,进而会为水汽、腐蚀性离子提供运输通道,严重影响涂层的防腐性能,限制其在航空飞行器表面的应用。

[0034] 因此,如何提高水性聚四氟乙烯涂层的耐磨性、防腐性、润滑性以及临界开裂厚度成为整个行业亟待解决的技术难题。为了解决该技术问题,本公开示例性实施例提供了一种水性聚四氟乙烯涂料,通过各组分相互配合以解决上述问题。

[0035] 在一种示例性实施例中,本公开示例性实施例所记载的水性聚四氟乙烯涂料,可以包括如下组分:聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;其中,各组分的重量份为:聚四氟乙烯乳液的重量份为

20~35重量份;全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的重量份为5~15重量份;粘结剂的重量份为5~10重量份;功能性浆料的重量份为10~25重量份;高温流平剂的重量份为0.5~1重量份;醇酯十二的重量份为1~5重量份;增稠剂的重量份为0.2~0.5重量份;消泡剂的重量份为0.2~0.5重量份。

[0036] 在上述水性聚四氟乙烯涂料中,一方面,由于水性聚四氟乙烯涂料添加了聚四氟乙烯乳液、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、粘结剂、功能性浆料、高温流平剂、醇酯十二、增稠剂、消泡剂;进而可以在提升由该水性聚四氟乙烯形成的涂层的耐磨性的基础上,提升该涂层的润滑性和防腐性能;另一方面,还可以改善该水性聚四氟乙烯树脂与填料之间的界面相容性,进而达到减少涂层表面裂纹并提高临界开裂厚度的目的;再一方面,基于该水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层,能够有效提升涂层的耐磨、润滑和防腐性能,并显著改善聚四氟乙烯树脂与填料之间的界面相容性,减小涂层表面裂纹,提高临界开裂厚度。

[0037] 以下,将对本公开示例实施例所记载的水性聚四氟乙烯涂料中包括的各组分进行详细的解释以及说明。

[0038] 在一种示例实施例中,上述所记载的功能性浆料可以包括多孔石墨纤维-二硫化钼组装体以及耐磨填料与复合分散剂;其中,此处所记载的多孔石墨纤维的长度包括10~30 μm ,多孔石墨纤维的孔隙率包括0.03 ~0.08 cm^3/g ;此处所记载的耐磨填料为纳米填料。进一步的,此处所记载的功能性浆料的具体制备过程,可以包括以下步骤:

步骤1,采用均质机将所述多孔石墨纤维分散于含聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸的水溶液中,得到第一混合溶液,并在对第一混合溶液进行搅拌的状态下依次加入钼酸钠和硫脲,得到第二混合溶液;

步骤2,将所述第二混合溶液的pH值调整至4~5,将pH值调节后的第二混合溶液搅拌均匀后转移至反应釜,并在反应釜中以160~220 $^{\circ}\text{C}$ 水热温度反应12~48 h;

步骤3,反应结束后,对与pH值调节后的第二混合溶液对应的反应结果进行离心洗涤,得到所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体;

步骤4,称取所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体20~30份,硅藻土5~15份,纳米填料10~20份,复合分散剂0.5~5份,水40~50份,并采用球磨分散的方式对所述多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、硅藻土、纳米填料、复合分散剂以及水进行混合均匀后,得到所述功能性浆料。

[0039] 在一种示例性实施例中,在制备多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,钼酸钠与多孔石墨纤维之间的质量比为1~3:1;钼酸钠与硫脲的质量比为0.9:1~1.5:1;聚乙烯吡咯烷酮的添加量为所述钼酸钠质量份的30%~60%;抗坏血酸的添加量为所述钼酸钠质量份的18%~72%,抗坏血酸的浓度为0.01~0.06 mol/L;硅藻土的粒径为400~800目;纳米填料包括钛白粉、氧化铬以及氧化铝中的至少一种,钛白粉、氧化铬以及氧化铝的粒径为200~800目;复合分散剂由聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液组成,在复合分散剂中,聚乙二醇三甲基壬基醚、马来酸共聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液的质量比为1:1:1~1:2:2。

[0040] 在一种示例性实施例中,在多孔石墨纤维-二硫化钼组装体中,二硫化钼为球形颗粒,二硫化钼的平均粒径为3 μm ;在制备多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,硫脲和抗坏血酸作为协同还原剂,聚乙烯吡咯烷酮和抗坏血酸作为协同表面活性剂。

[0041] 以下,将对功能性浆料的具体组分以及具体制备过程进行进一步的解释以及说明。具体的,一方面,在功能性浆料的制备过程中,首先,采用均质机将多孔石墨纤维分散于含聚乙烯吡咯烷酮PVP和抗坏血酸的水溶液中,搅拌下依次加入钼酸钠和硫脲,调节pH至4~5,搅拌均匀后转移至反应釜在160~220℃水热反应12~48 h;反应结束后离心洗涤得到多孔石墨纤维-二硫化钼组装体;然后,以重量份计称取多孔石墨纤维-二硫化钼组装体 20~30份,硅藻土5~15份,纳米填料10~20份,复合分散剂0.5~5份,水40~50份,采用球磨分散混合均匀后得到功能性浆料。优选地,上述所记载的多孔石墨纤维的分散方式是均质机分散,分散时间3~10 min,转速7000~15000 rpm;其中,在对多孔石墨纤维进行分散的过程中,具体的分散时间可以6 min,分散过程中的具体转速可以12000 rpm;也可以根据实际需要自行设置,本示例对此不做特殊限制;优选地,上述所记载的钼酸钠与多孔石墨纤维的质量比为1~3:1;钼酸钠与硫脲的质量比为0.9:1~1.5:1;PVP的添加量为钼酸钠质量的30~60%;抗坏血酸的添加量为钼酸钠质量的18~72%,浓度为0.01~0.06 mol/L。

[0042] 更优选地,上述所记载的钼酸钠与多孔石墨纤维的质量比为2:1~3:1;钼酸钠与硫脲的质量比为1:1~1.2:1;PVP的添加量为钼酸钠质量的40~55%;抗坏血酸的添加量为钼酸钠质量的30~50%,浓度为0.03~0.05 mol/L;同时,在进行pH调节的过程中,调节后的pH的具体取值为4~5,所用到的pH调节剂为5~15 wt%盐酸溶液(此处所记载的pH调节剂与水性聚四氟乙烯涂料制备过程中用到的pH调节剂不同)。

[0043] 在一种示例实施例中,在进行pH调节的过程中,调节后的pH的具体取值还可以包括4.5~5,pH调节过程中所用到的pH调节剂还可以为10 wt%盐酸溶液。

[0044] 在一种示例实施例中,在反应釜中进行水热反应所需要的水热反应温度为160~220℃,反应时间为12~48 h;当然,为了可以进一步的提高功能性浆料制备过程中的精确度,在反应釜中进行水热反应所需要的水热反应温度可以被设置为180~200℃,具体的反应时间可以被设置为18~24 h。

[0045] 在一种示例实施例中,在上述所记载的进行离心洗涤的过程中,多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的水洗次数可以设置为3~5次;同时,在离心洗涤结束以后,可以通过60~80℃烘箱对得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体进行干燥,即可得到需要的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体。同时,在得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体中,二硫化钼是以球形颗粒呈现的,二硫化钼的球形颗粒的平均粒径为3 μm;进一步的,在制备多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的过程中,硫脲和抗坏血酸可以作为协同还原剂,聚乙烯吡咯烷酮PVP和抗坏血酸作为协同表面活性剂,还原剂、表面活性剂以及pH调节剂的协同调控是二硫化钼球形形貌和粒径可控的关键因素。

[0046] 在一种示例实施例中,上述所记载的功能性浆料中包括的各组分的重量份为:多孔石墨纤维-二硫化钼组装体 20~30份,硅藻土5~15份,纳米填料10~20份,复合分散剂0.5~5份,水40~50份。同时,为了进一步的提高功能性浆料的具体性能,还可以将上述各组分的重量份配置为如下重量份:多孔石墨纤维-二硫化钼组装体20~30份,硅藻土5~10份,纳米填料15~20份,复合分散剂2~5份,水40~50份。进一步的,此处所记载的纳米填料可以选自钛白粉、氧化铬、氧化铝中的一种或多种的组合,粒径为200~800 nm;又或者,此处所用到的纳米填料可以为钛白粉和氧化铬的组合,质量比为1:1,钛白粉粒径300~700 nm,氧化铬粒径500~800 nm。更进一步的,此处所用到的分散剂为聚乙二醇三甲基壬基醚(TMN-10)、马来酸共

聚物溶液以及聚丙烯酸铵盐溶液的组合,质量比为1:1:1~1:2:2;并且,此处所记载的水性耐磨浆料各组分的混合方式为球磨分散混合,转速200~300 rpm,球磨时间1~2 h。

[0047] 以下,将对水性聚四氟乙烯涂料中除开功能性浆料以外的其他组分进行进一步的解释以及说明。

[0048] (1) 聚四氟乙烯乳液。具体的,上述所记载的聚四氟乙烯乳液的浓度为60 wt%,聚四氟乙烯乳液的平均粒径范围200~300 nm,聚四氟乙烯乳液的pH范围为9~11。

[0049] (2) 全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液PFA。具体的,上述所记载的全氟烷氧基乙烯基醚共聚物PFA乳液的浓度为50 wt%,全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的平均粒径范围150~250 nm,全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液的pH范围为9~11。

[0050] (3) 粘结剂。具体的,上述所记载的粘结剂可以包括无机粘结剂以及有机粘结剂;也即,粘结剂是由无机粘结剂以及有机粘结剂组合而成的。同时,此处所记载的无机粘结剂包括硅酸钠、硅溶胶以及铝溶胶中的至少一种;此处所记载的有机粘结剂包括聚酰胺酰亚胺以及聚醚砜;并且,在实际应用的过程中,在该粘结剂中,无机粘结剂与有机粘结剂之间的质量比为1:5~1:1。

[0051] 在一种可行的示例实施例中,此处所记载的粘结剂也可以直接包括硅溶胶、聚醚砜以及聚酰胺酰亚胺中的多种;同时,在此场景下的粘结剂中,由所述硅溶胶组成的无机粘结剂和由所述聚酰胺酰亚胺以及聚醚砜组成的有机粘结剂之间的质量比为1:3;并且,在该有机粘结剂中,聚醚砜和聚酰胺酰亚胺之间的质量比为2:1;进一步的,此处所用到的聚醚砜和聚酰胺酰亚胺为25%固含的水悬浮液。

[0052] (4) 高温流平剂。具体的,上述所记载的高温平流剂,可以包括改性聚硅氧烷类。

[0053] (5) 增稠剂。具体的,上述所记载的增稠剂可以包括碱溶胀缔合型增稠剂。

[0054] (6) pH调节剂和水。具体的,水性聚四氟乙烯涂料中所用到的pH调节剂包括氢氧化钠、氢氧化钾、氨水中的至少一种。又或者,水性聚四氟乙烯涂料中所用到的pH调节剂可以是10 wt%氢氧化钠溶液。

[0055] (7) 消泡剂。具体的,上述所记载的消泡剂可以是含气相二氧化硅的聚醚硅氧烷共聚物。

[0056] 本公开示例实施例还提供了一种水性聚四氟乙烯涂料的制备方法。具体的,该水性聚四氟乙烯涂料可以通过如下方式制备得到:在聚四氟乙烯乳液中按顺序加入水、全氟烷氧基乙烯基醚共聚物乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂以及消泡剂,得到所述水性聚四氟乙烯涂料;其中,在加入增稠剂之前,需要通过pH调节剂将pH值调节至8~9;在制备水性聚四氟乙烯涂料的过程中,搅拌速度为600~1200 rpm。

[0057] 如上所述,本公开示例实施例所记载的聚四氟乙烯涂料,具有以下有益效果:一方面,本公开示例实施例提供了多孔石墨纤维和二硫化钼组装体的制备方法,与两者直接混合相比,既提升了涂层的耐磨性能,又提升了涂层的润滑性能;另一方面,本公开示例实施例中的石墨纤维、硅藻土表面的微纳米孔隙,可以在抵消外力、收集摩擦磨损过程中的润滑碎屑的基础上,进一步提升涂层耐磨和润滑性能;再一方面,本公开示例实施例所提供的功能性浆料,与聚四氟乙烯树脂界面相容性良好,形成的致密层可有效阻隔腐蚀介质的通过,从而提高涂层防腐性能;进一步的,本公开示例实施例采用三种粘结剂协同改善涂料与基材之间的界面相互作用;在此基础上,不仅可以使得无机粘接剂与填料之间发生氢键和

交联作用,形成的三维网络包裹在填料表面,增强了填料间的界面相互作用;同时,还可以使得聚醚砜中的氧原子和金属基底上的羟基基团之间可以形成氢键相互作用力,增强涂层与基材之间的界面结合力;当然,还可以使得聚醚砜和聚酰胺酰亚胺复合可显著提升涂膜的铺展性能,从而提高涂层附着力;进一步的,本公开示例实施例所提供的水性聚四氟乙烯涂料,各组分之间相互配合,可有效减小涂层表面裂纹,提高临界开裂厚度,显著提升防腐、耐磨、润滑性能;基于此,使得所得到的水性聚四氟乙烯涂料可以在其所涉及领域具有良好的应用前景。

[0058] 以下,将结合具体的实施例对本公开示例实施例所记载的水性聚四氟乙烯涂料及其制备过程进行进一步的解释以及说明。具体的:

[0059] 实施例1

[0060] 实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	35份;
PFA乳液	10份;
粘结剂	5份;
功能性浆料	20份;
高温流平剂	0.5份;
醇酯十二	3份;
增稠剂	0.3份;
消泡剂	0.5份;

所述粘结剂选自1份硅溶胶、2份聚醚砜和2份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钠,采用10 wt%氢氧化钠调节至8.23,余量为水。

[0061] 其中,功能性浆料的制备方法如下:

首先,对于多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的制备过程来说,可以通过如下方式实现:称取1.00 g PVP和1.50 g抗坏血酸溶于180 mL水溶液中,搅拌状态下加入0.70 g多孔石墨纤维(其中,多孔石墨纤维的长度为25 μm ,孔隙率为0.08 cm^3/g),利用均质机12000 rpm分散时间6 min。保持搅拌,依次加入2.10 g钼酸钠和2.30 g硫脲,并用5 wt%盐酸溶液调节pH至4.5,室温下搅拌30 min。随后转移至聚四氟乙烯内衬的高温反应釜(200 mL)中,180 $^{\circ}\text{C}$ 水热反应24 h。待反应釜随炉冷至室温,用去离子水离心清洗5次,随后在60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱干燥12 h得到多孔石墨纤维-二硫化钼组装体;其中,所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM具体可以参考图1所示;同时,从图1中可以看出水热反应产物为多孔石墨纤维和二硫化钼的组装体,二硫化钼为球形颗粒,平均粒径为3 μm 。

[0062] 其次,对于功能性浆料的制备过程来说,机械搅拌条件下,在50份水中依次加入0.8份聚乙二醇三甲基壬基醚TMN-10、0.8份马来酸共聚物溶液BYK-190以及0.8份聚丙烯酰胺盐溶液BYK-154,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入26份多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、11.6份硅藻土(400目)、4份钛白粉(200目)、6份氧化铬(200目);然后,分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入粒径为6 mm的氧化锆球磨珠球磨,设定转速为250 rpm,球磨时间为1 h;同时,基于实施例所记载的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,

可以参考图2所示。

[0063] 实施例2

[0064] 实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	20份;
PFA乳液	15份;
粘结剂	6份;
功能性浆料	25份;
高温流平剂	1份;
醇酯十二	1份;
增稠剂	0.5份;
消泡剂	0.4份;

其中,粘结剂选自1份硅酸钠、3份聚醚砜和2份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氨水,采用氨水调节至8.47,余量为水。

[0065] 其中,功能性浆料的制备方法可以如下所示:

(1)对于多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的制备过程来说,可以通过如下方式实现:称取0.54 g PVP和0.32 g抗坏血酸溶于180 mL水溶液中,搅拌状态下加入0.88 g多孔石墨纤维(其中,多孔石墨纤维的长度为10 μm ,孔隙率为0.03 cm^3/g),利用均质机15000 rpm分散时间3 min。保持搅拌,依次加入1.76 g钼酸钠和1.52 g硫脲,并用10 wt%盐酸溶液调节pH至4,室温下搅拌30 min。随后转移至聚四氟乙烯内衬的高温反应釜(200 mL)中,220 $^{\circ}\text{C}$ 水热反应12 h。待反应釜随炉冷至室温,用去离子水离心清洗3次,随后在80 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱干燥12 h得到多孔石墨纤维-二硫化钼组装体。同时,基于该方法得到的水热反应产物为多孔石墨纤维和二硫化钼的组装体,二硫化钼为球形颗粒,平均粒径为3 μm 。其中,基于该实施例所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图与实施例1所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0066] (2)对于功能性浆料的制备过程来说,其可以通过如下方式得到:机械搅拌条件下,在44.5份水中依次加入0.1份TMN-10、0.2份BYK-190以及0.2份BYK-154,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入30份多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、5份硅藻土(800目)、10份钛白粉(300目)、10份氧化铬(800目)。分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入6 mm氧化锆球磨珠球磨,设定转速200 rpm,球磨时间2 h。同时,基于该实施例所得到的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,与实施例1所得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0067] 实施例3

[0068] 实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	30份;
PFA乳液	5份;
粘结剂	10份;

功能性浆料	10份;
高温流平剂	0.8份;
醇酯十二	5份;
增稠剂	0.2份;
消泡剂	0.2份;

其中,粘结剂选自5份铝溶胶、3份聚醚砜和2份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钾,采用10 wt%氢氧化钾调节至8.55,余量为水。

[0069] 其中,功能性浆料的制备方法可以如下所示:

(1) 对于多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的制备过程来说,其可以通过如下方式实现:称取2.28 g PVP和1.88 g抗坏血酸溶于180 mL水溶液中,搅拌状态下加入3.80 g多孔石墨纤维(其中,多孔石墨纤维的长度为30 μm ,孔隙率为0.06 cm^3/g),利用均质机7000 rpm分散时间10 min。保持搅拌,依次加入3.80 g钼酸钠和2.58 g硫脲,并用15 wt%盐酸溶液调节pH至5,室温下搅拌30 min。随后转移至聚四氟乙烯内衬的高温反应釜(200 mL)中,160 $^{\circ}\text{C}$ 水热反应48 h。待反应釜随炉冷至室温,用去离子水离心清洗4次,随后在60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱干燥24 h得到多孔石墨纤维-二硫化钼组装体。其中,基于该方式得到的水热反应产物为多孔石墨纤维和二硫化钼的组装体,二硫化钼为球形颗粒,平均粒径为3 μm 。同时,基于该实施例所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图与实施例1所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0070] (2) 对于功能性浆料的制备过程来说,其可以通过如下方式实现:机械搅拌条件下,在40份水中依次加入1份TMN-10、2份BYK-190以及2份BYK-154,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入20份多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、15份硅藻土(500目)、10份钛白粉(800目)、10份氧化铝(200目)。分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入6 mm氧化锆球磨珠球磨,设定转速300 rpm,球磨时间1 h。同时,基于该实施例所得到的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,与实施例1所得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0071] 实施例4

[0072] 实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	30份;
PFA乳液	5份;
粘结剂	8份;
功能性浆料	10份;
高温流平剂	0.8份;
醇酯十二	5份;
增稠剂	0.2份;
消泡剂	0.2份;

其中,粘结剂选自2份硅溶胶、4份聚醚砜和2份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钾,采用

10 wt%氢氧化钾调节至8.55,余量为水。

[0073] 其中,功能性浆料的制备方法可以如下所示:

(1)对于多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的制备过程来说,其可以通过如下方式实现:称取2.28 g PVP和1.88 g抗坏血酸溶于180 mL水溶液中,搅拌状态下加入3.80 g多孔石墨纤维(长度30 μm ,孔隙率0.06 cm^3/g),利用均质机7000 rpm分散时间10 min。保持搅拌,依次加入3.80 g钼酸钠和2.58 g硫脲,并用15 wt%盐酸溶液调节pH至5,室温下搅拌30 min。随后转移至聚四氟乙烯内衬的高温反应釜(200 mL)中,160 $^{\circ}\text{C}$ 水热反应48 h。待反应釜随炉冷至室温,用去离子水离心清洗4次,随后在60 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱干燥24 h得到多孔石墨纤维-二硫化钼组装体。其中,基于该方式得到的水热反应产物为多孔石墨纤维和二硫化钼的组装体,二硫化钼为球形颗粒,平均粒径为3 μm 。同时,基于该实施例所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图与实施例1所得到的多孔石墨纤维-二硫化钼组装体的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0074] (2)对于功能性浆料的制备过程来说,其可以通过如下方式实现:机械搅拌条件下,在40份水中依次加入1份TMN-10、2份BYK-190以及2份BYK-154,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入20份多孔石墨纤维-二硫化钼组装体、15份硅藻土(500目)、10份钛白粉(200目)、10份氧化铝(800目)。分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入6 mm氧化锆球磨珠球磨,设定转速300 rpm,球磨时间1 h。同时,基于该实施例所得到的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,与实施例1所得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图类似,此处不再进行进一步的赘述。

[0075] 对比例1

实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、水性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	35份;
PFA乳液	5份;
粘结剂	8份;
水性浆料	12份;
高温流平剂	0.5份;
醇酯十二	2份;
增稠剂	0.3份;
消泡剂	0.3份;

所述粘结剂选自2份硅溶胶、4份聚醚砜和2份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钠,采用10 wt%氢氧化钠调节至8.15,余量为水。

[0076] 水性浆料的制备方法

机械搅拌条件下,在50份水中依次加入5份TMN-10,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入5份多孔石墨纤维、15份市售二硫化钼(平均粒径3 μm)、15份钛白粉(200目)、10份氧化铬(400目)。分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入6 mm氧化锆球磨珠球磨,设定转速250 rpm,球磨时间2 h。

[0077] 对比例2

实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、水性浆料、粘结剂、高温流平剂、醇酯十二、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	30份;
PFA乳液	7份;
粘结剂	10份;
水性浆料	15份;
高温流平剂	0.8份;
醇酯十二	4份;
增稠剂	0.4份;
消泡剂	0.5份;

所述粘结剂选自2份硅溶胶、5份聚醚砜和3份聚酰胺酰亚胺,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钠,采用10 wt%氢氧化钠调节至8.60,余量为水。

[0078] 水性浆料的制备方法

机械搅拌条件下,在40份水中依次加入1份TMN-10、1.5份BYK-190以及1.5份BYK-154,搅拌10 min后转速升至1200 rpm,依次加入20份市售二硫化钼(平均粒径3 μm)、15份硅藻土(400目)、15份钛白粉(200目)、6份氧化铬(200目)。分散1 h后将浆料转移至研磨罐,加入6 mm氧化锆球磨珠球磨,设定转速250 rpm,球磨时间1 h;其中,基于该实施例所得到的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,可以参考图3所示。

[0079] 对比例3

实施案例在机械搅拌条件下,在聚四氟乙烯乳液中依次加入水、PFA乳液、功能性浆料、粘结剂、高温流平剂、pH调节剂、增稠剂和消泡剂,搅拌均匀。其中:

聚四氟乙烯乳液	35份;
PFA乳液	5份;
粘结剂	8份;
功能性浆料	12份;
高温流平剂	1份;
增稠剂	0.3份;
消泡剂	0.5份;

所述粘结剂选自聚醚砜,功能性浆料按实施例1制备得到,高温流平剂选自赛诺SN-2550,增稠剂选自TT-935,消泡剂选自TEGO-904W,所述pH调节剂选自氢氧化钠,采用10 wt%氢氧化钠调节至8.42,余量为水;其中,基于该实施例所得到的聚四氟乙烯涂料制备得到的聚四氟乙烯涂层的SEM图,可以参考图4所示。

[0080] 进一步的,采用喷涂的方式将上述实施例1~4和对比例1~3制备成涂层,喷涂压力:≥0.3 MPa,喷枪口径:1 mm,喷涂距离:20~30 cm,湿膜放入烘箱380 °C固化10~25 min。采用涡流测厚仪测试涂层厚度;采用SEM观测涂层表面微观形貌;采用Taber试验机测试涂层耐磨性,负重1 kg,转速60 r/min,转数1000转;采用MS-M9000往复摩擦磨损试验机测试涂层润滑性,摩擦载荷20 N,滑动距离5 mm,频率0.5 Hz,摩擦时间30 min;采用百格法测试涂层与基材间的附着力;采用盐雾试验机测试涂层在中性盐雾环境的防腐性能。其中,所得

到的比对结果具体可以如下表1所示。

[0081] 表1 为实施例1~4和对比例1~3实验结果

	厚度/ μm	表面状态	Taber 磨 损量/mg	摩擦系 数	附着力/ 级	防腐性能（盐 雾）
实施例 1	42	表面均一、无裂 纹	6.76	0.060	0	680 h 表面无腐 蚀
实施例 2	36	表面均一、无裂 纹	7.21	0.068	0	680 h 表面无腐 蚀
实施例 3	37	表面均一、无裂 纹	6.92	0.072	0	680 h 表面无腐 蚀
实施例 4	35	表面均一、无裂 纹	7.05	0.071	0	680 h 表面无腐 蚀
对比例 1	22	表面开裂	14.72	0.158	2	88 h 表面鼓泡
对比例 2	18	表面开裂	16.83	0.171	2	88 h 表面鼓泡
对比例 3	25	表面开裂	12.08	0.117	1	168 h 表面腐蚀

[0082] 其中,上述表1中所记载的实施例1的摩擦系数的测试结果示例图可以参考图5所示,基于实施例2中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下680 h后得到的实物图可以参考图6所示;基于实施例3中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在Taber磨损前后的实物图可以参考图7所示;基于实施例4中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下680 h后得到的实物图可以参考图8所示;基于实施例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的附着力测试结果示例图可以参考图9所示;同时,基于实施例2、实施例3以及实施例4所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的附着力测试结果示例图,与基于实施例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的附着力测试结果示例图类似,此处不再进行进一步的赘述;基于对比例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下88 h后得到的实物图可以参考图10所示;基于对比例1所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层的摩擦系数的测试结果示例图可以参考图11所示;基于对比例3中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下168 h后得到的SEM图可以参考图12所示;同时,由图12可以得知,基于对比例3中所得到的水性聚四氟乙烯涂料形成的涂层在盐雾环境下168 h后,存在涂层剥离以及涂层剥离后基底表面存在腐蚀坑的状况。

[0083] 进一步的,基于上述表1以及图2-图12可以毫无疑问的得知,本公开示例实施例所记载的水性聚四氟乙烯涂料,有效的克服了现有技术中的种种缺点,因而本公开示例实施例所记载的水性聚四氟乙烯涂料具有高度产业利用价值。

[0084] 此外,上述附图仅是根据本公开示例性实施例的方法所包括的处理的示意性说明,而不是限制目的。易于理解,上述附图所示的处理并不表明或限制这些处理的时间顺

序。另外,也易于理解,这些处理可以是例如在多个模块中同步或异步执行的。

[0085] 本领域技术人员在考虑说明书及实践这里公开的发明后,将容易想到本公开的其它实施方案。本申请旨在涵盖本公开的任何变型、用途或者适应性变化,这些变型、用途或者适应性变化遵循本公开的一般性原理并包括本公开未公开的本技术领域中的公知常识或惯用技术手段。说明书和实施例仅被视为示例性的,本公开的真正范围和精神由所附的权利要求指出。

[0086] 应当理解的是,本公开并不局限于上面已经描述并在附图中示出的精确结构,并且可以在不脱离其范围进行各种修改和改变。本公开的范围仅由所附的权利要求来限说明书和实施例仅被视为示例性的,本公开的真正范围和精神由所附的权利要求指出。

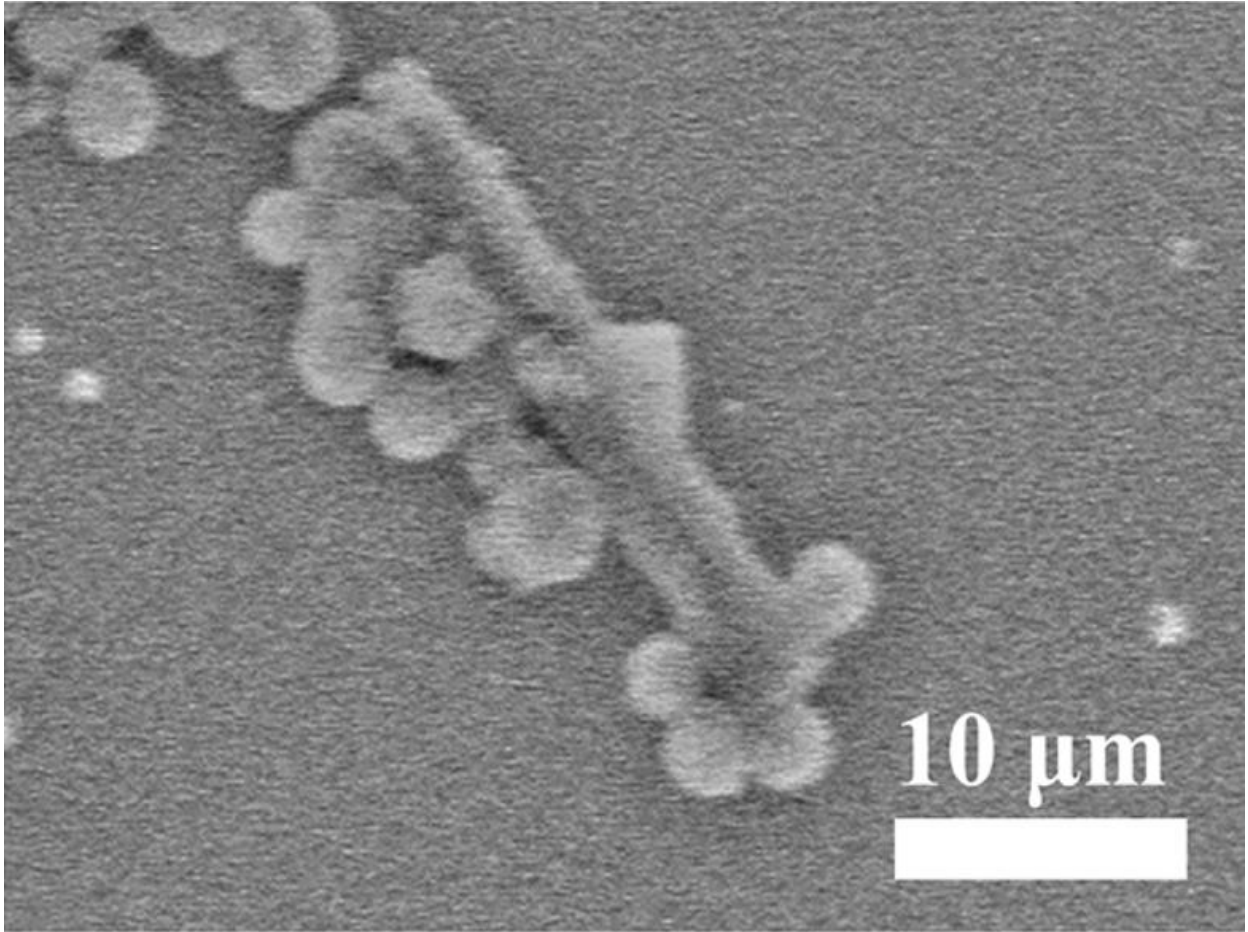


图 1

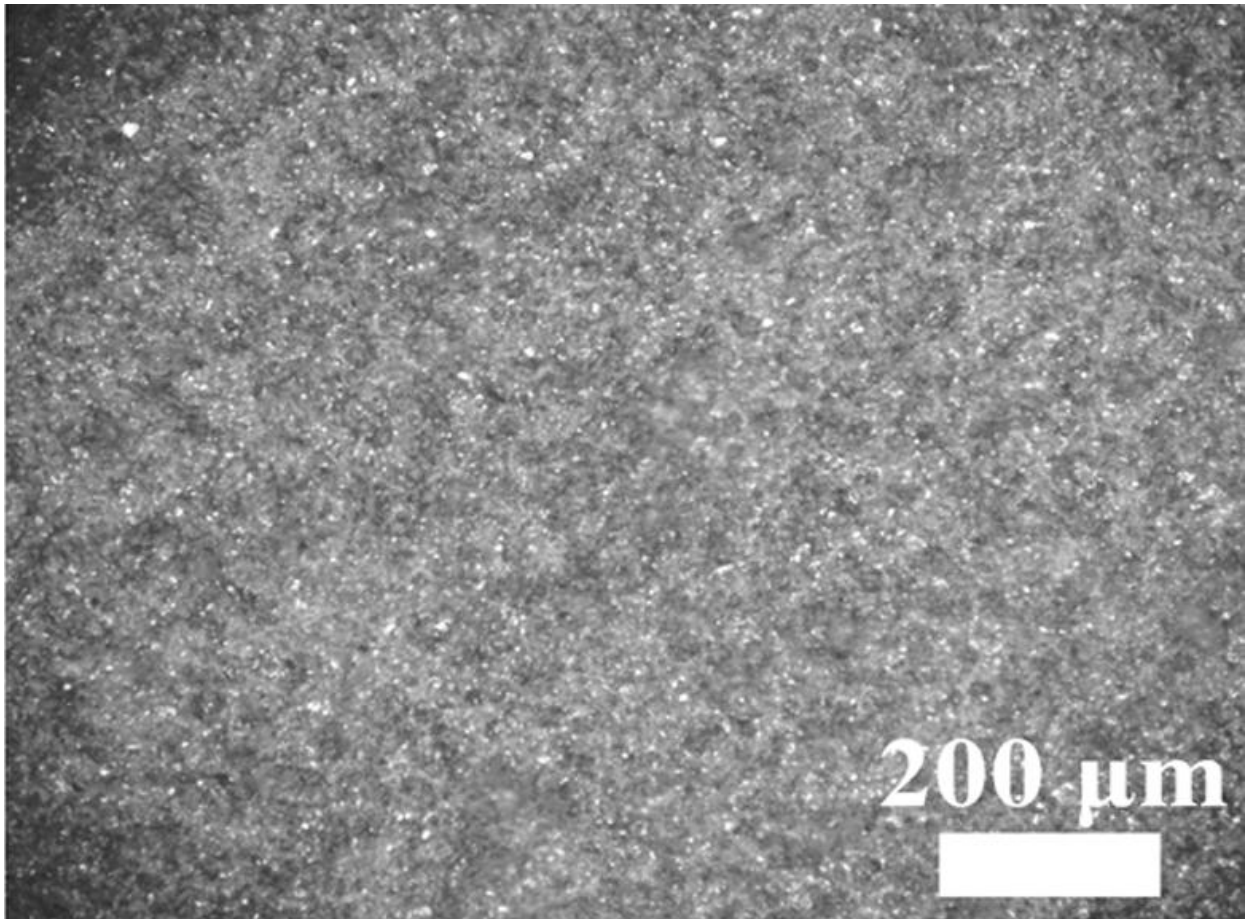


图 2

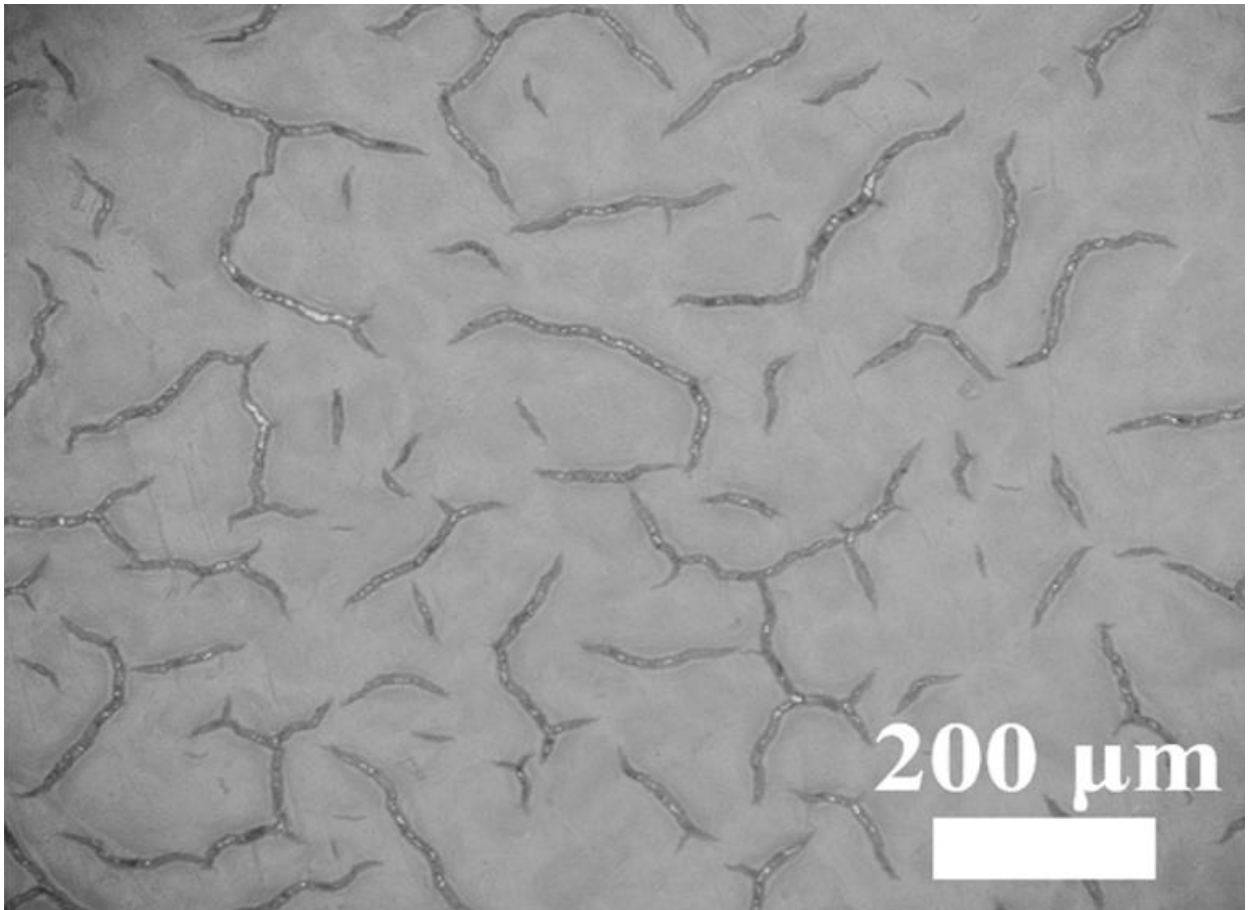


图 3

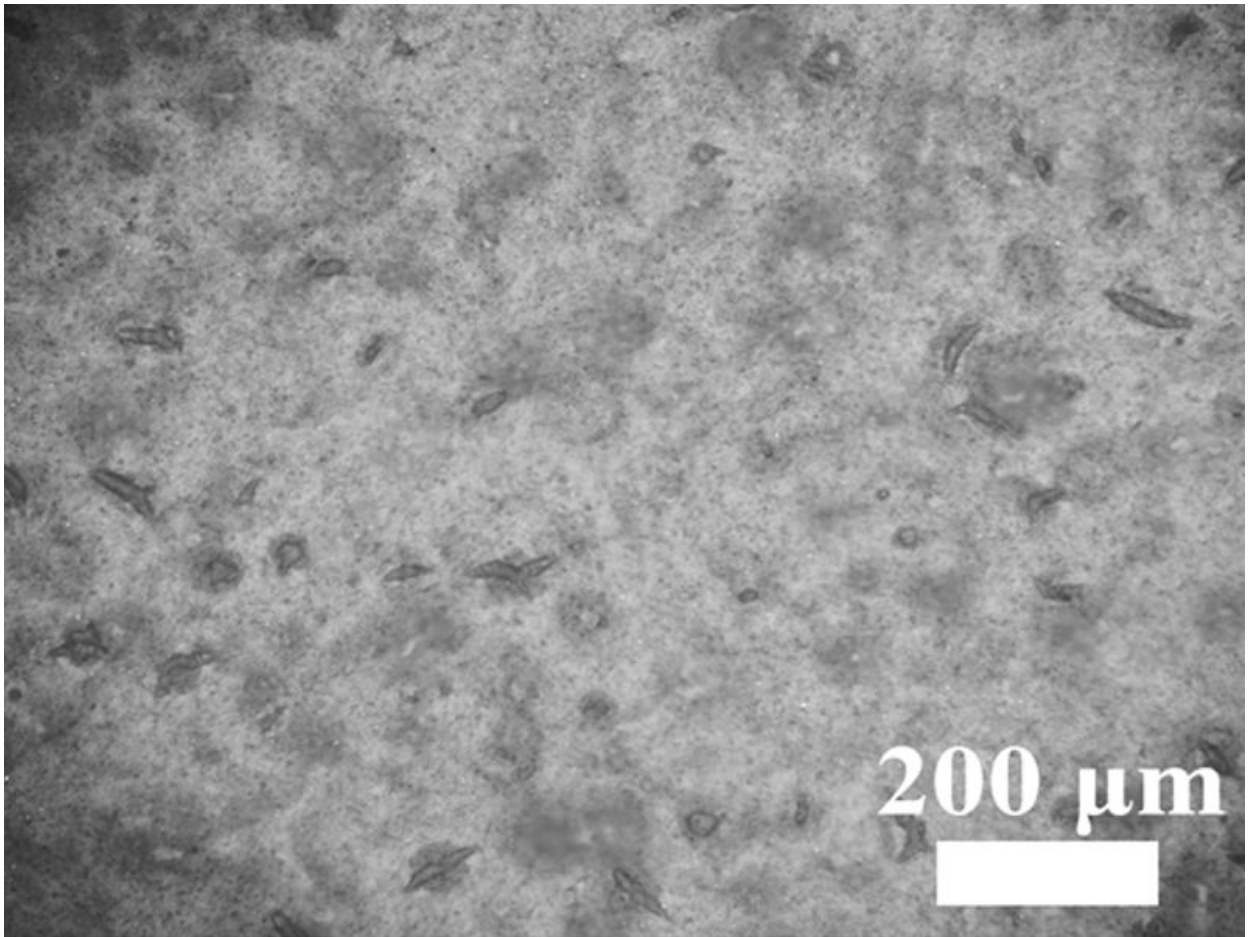


图 4

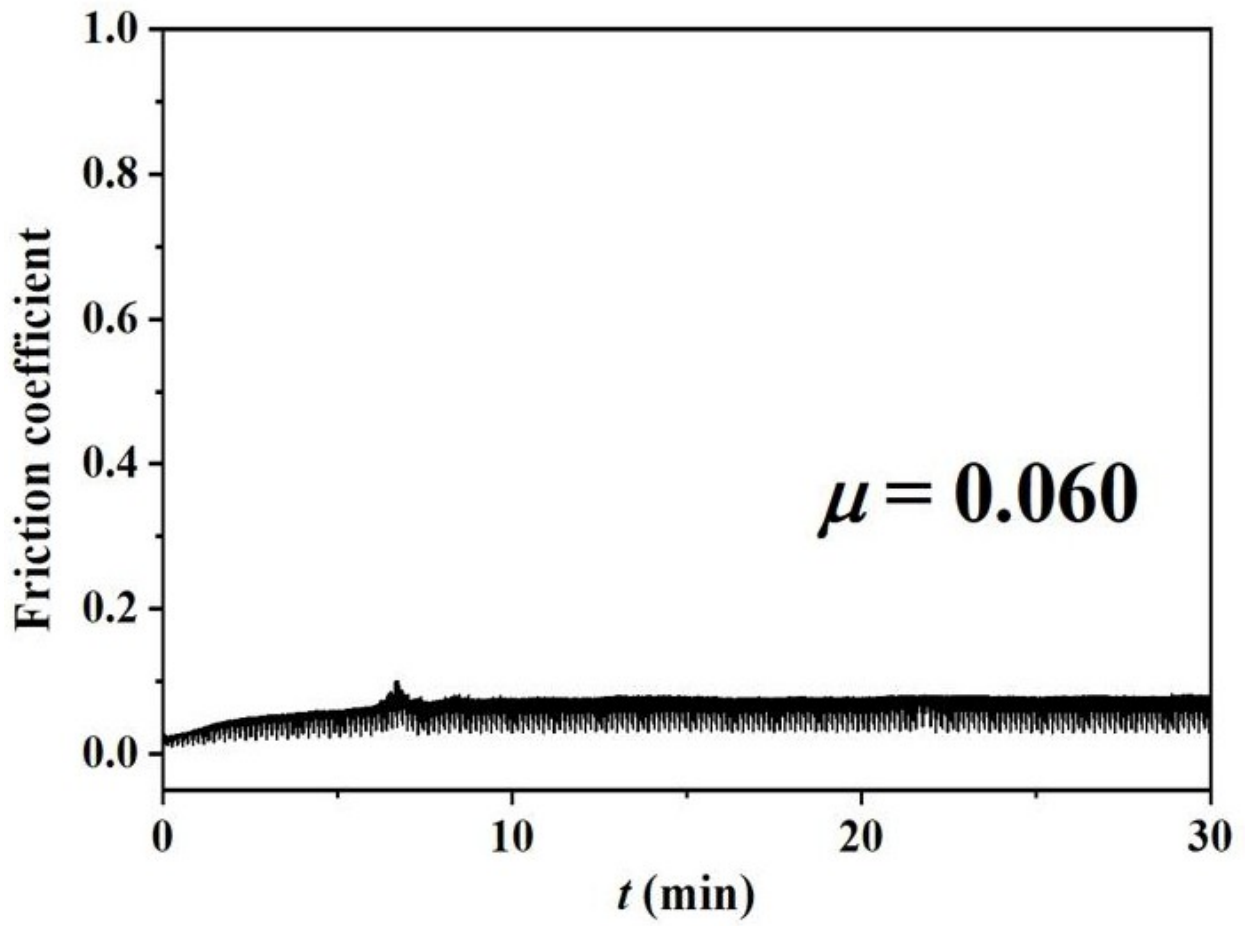


图 5

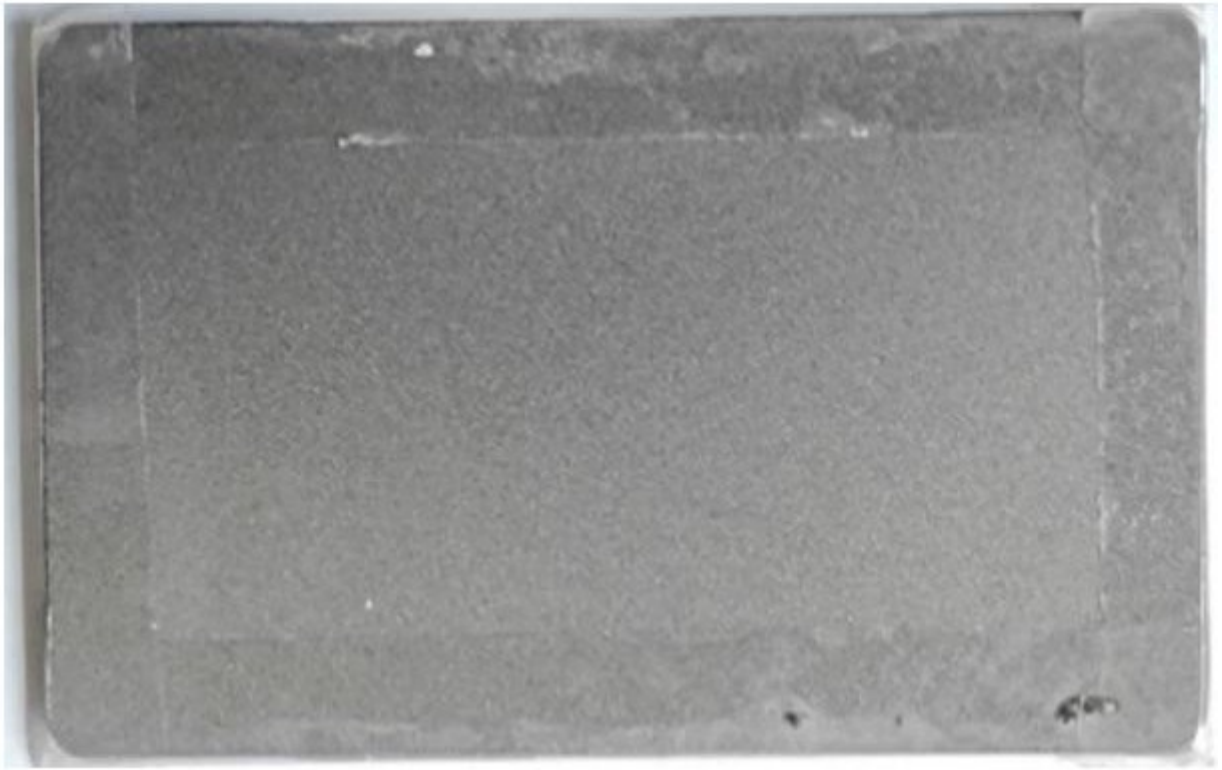


图 6



图 7



图 8

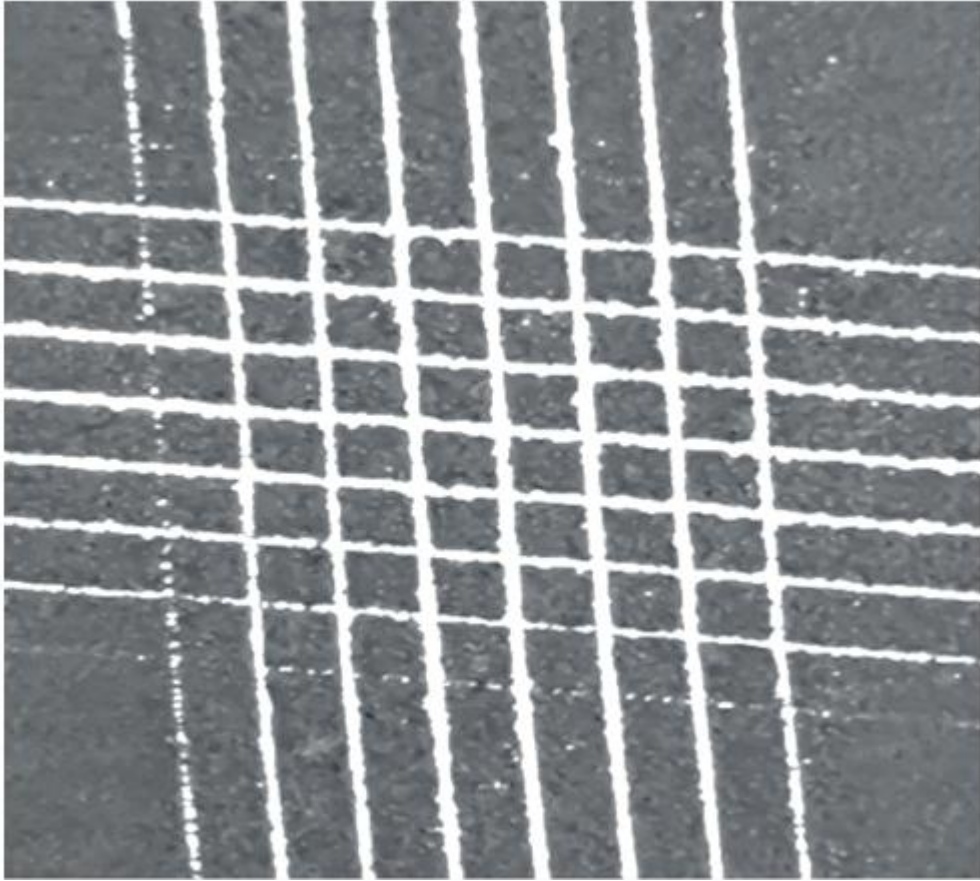


图 9

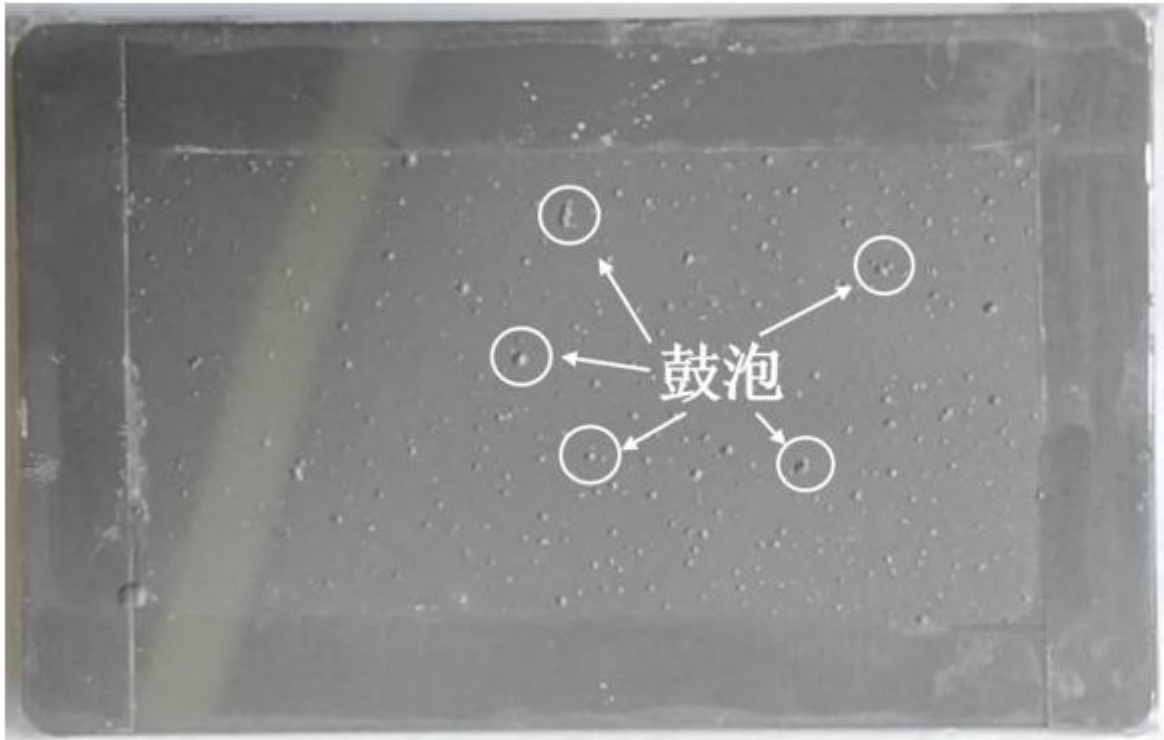


图 10

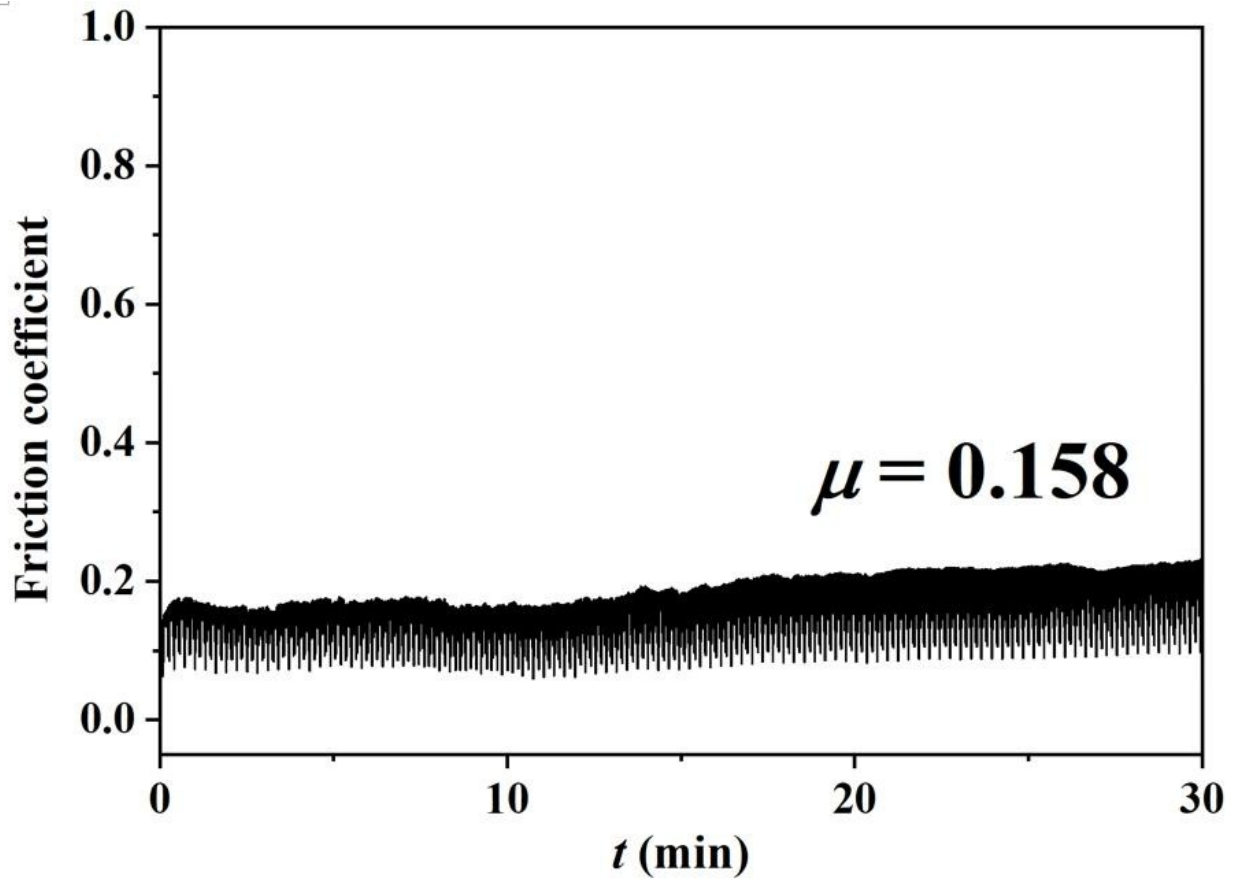


图 11

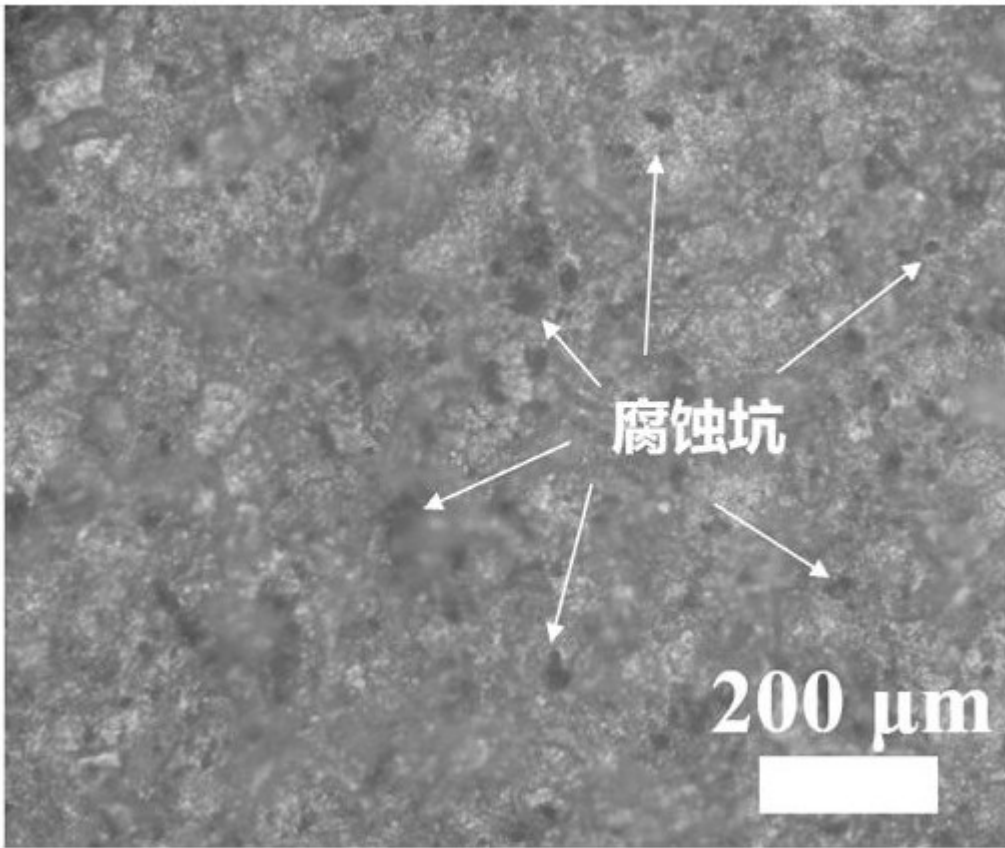


图 12