http://pmse.scu.edu.cn

蓖麻油基无溶剂疏水涂层的绿色制备及性能

梁铉杰[1], 申喜燕[1], 林梓熙[1], 黄泓杰[1], 叶 志[2], 杨卓鸿[1], 胡 洋[1]
(1. 华南农业大学 材料与能源学院,广东 广州 510642; 2. 北新嘉宝莉涂料股份有限公司,广东 江门 529085)

摘要:为了构建绿色环保、经济高效的生物基疏水涂层,文中采用一锅法以蓖麻油基聚氨酯丙烯酸酯(COPUA)、乙烯基三乙氧基硅烷(VTES)和纳米疏水二氧化硅颗粒($hSiO_2$)混悬液作为涂料液,涂布后经 UV 固化及原位缩合反应,制得蓖麻油基无溶剂疏水涂层。通过红外光谱表征了产物结构,通过铅笔硬度、水接触角测试以及摩擦试验等对涂层的稳定性进行了分析。结果表明,树脂 COPUA 与 VTES 质量比为 1∶3,$hSiO_2$质量分数为树脂总量 10%时,涂层综合性能最佳,水接触角达到 126.25°,铅笔硬度为 3H,在 1000 目砂纸中经过 640 cm 磨损测试后,涂层水接触角仍大于 90°,保持疏水状态。研究体系绿色环保,制造过程简便,经济高效,且不含氟和溶剂,制造的耐磨生物基疏水涂层具有广阔的应用前景。

关键词:蓖麻油;疏水涂层;无溶剂;UV 固化
中国分类号:TQ630.1 **文献标识码**:A **文章编号**:1000-7555(2025)09-0024-07

涂料能在基材表面形成一层薄膜,以发挥保护、装饰及特定功能作用,在建筑、家具、汽车、船舶和工业设备等领域有着广泛的应用。然而,传统涂料的原材料大多源自石油基产品,这造成了其对石油资源的依赖,同时还伴随着生产过程中的环境污染问题,不利于资源持续利用及双碳目标的实现。值得注意的是,作为可持续利用的化学品来源,生物质资源每年全球产量约为 1300 亿吨,十分巨大。利用来源丰富、环境友好的生物质资源代替石油资源构建生物基涂料用树脂,是解决传统涂料不足的有效方式。在众多生物基原料中,蓖麻油作为一种天然植物油,结构中含有—OH 基、双键和酯基等活性基团,能够参与系列化学反应,备受涂料科研及产业化领域的关注[1,2],成为一种常见的涂料用树脂原材料。

传统涂层的固化方式以热固化为主,这种固化方式需要消耗大量能量,且通常反应耗时。与热固化方式相比,UV 固化方式以其独特的低能量、快速高效的优势逐渐进入人们的视野。可 UV 固化的涂料通过 UV 辐照后可快速固化,具有适应性广、高效、节能、经济和环境友好的“5E”特性[3,4]。因此,以蓖麻油为生物质原材料,构建可 UV 固化的涂层用树脂,并发展 UV 固化涂层是非常值得探讨的研究方向。

作为一种特殊的表面涂层,疏水涂层对水及其溶液具有良好的阻隔作用,能够有效地防止水及其溶液在涂层中渗透,提高基材的防水性能。传统的疏水涂层通常通过加入氟烷基硅烷[5,6]、聚四氟乙烯[7]等含氟低表面能材料来达到疏水效果,然而含氟疏水材料价格较高且可能引发环保问题。相对来说,含硅元素的低表面能材料性价比高、环保无毒,在疏水涂层中具有广阔的应用前景。值得注意的是,“荷叶效应”物体的疏水表面不仅含有低表面能物质,还具有粗糙的微纳表面结构。然而,目前鲜见关于蓖麻油基 UV 固化树脂协同含硅化合物构建疏水、环境友好且长效的粗糙表面结构的生物基阻隔性涂层。

基于此,本文以可 UV 固化的蓖麻油基聚氨酯丙烯酸酯(COPUA)协同乙烯基三乙氧基硅烷(VTES)为涂料树脂,引入纳米疏水二氧化硅颗粒($hSiO_2$),在 TPO 光引发剂及 UV 辐照作用下,2 种

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2025.0173
收稿日期: 2024-09-22
基金项目: 广东省科技计划项目(2022A0505050062); 江门市科技特派员科研项目(202376030024000806)
通讯联系人: 胡洋, 主要从事功能树脂设计及涂层应用研究, E-mail: huyang0303@scau.edu.cn

树脂的端双键交联形成网络结构,同时 VTES 与 $hSiO_2$ 之间发生原位缩合反应形成 Si—O—Si 键,将 $hSiO_2$ 纳米粒子固定到涂层中,赋予涂层耐久性及微粗糙表面。采用红外光谱、水接触角测量仪、扫描电镜、砂纸摩擦法等对制备的涂层进行了性能测试,探究了涂层的结构、疏水性、形貌及耐磨性等功能性质。本文探索了一种原料与固化方式“双绿色”的生物基疏水涂层的制备工艺,有利于拓宽生物质蓖麻油的应用领域,助力双碳目标的实现。

1　实验部分

1.1　试剂与仪器

蓖麻油基聚氨酯丙烯酸酯:根据课题组前期研究报道[8],实验室自制;疏水纳米二氧化硅:工业级,牌号 H30,平均粒径约 20 nm,德国瓦克公司;乙烯基三乙氧基硅烷、异氟尔酮二异氰酸酯(IPDI)、二苯基(2,4,6-三甲基苯甲酰基)氧化膦(TPO)、丙烯酸羟乙酯(HEA)、二月桂酸二丁基锡(DBTDL)、对苯二酚:分析纯,上海麦克林生化科技有限公司;蓖麻油、无水乙醇、丙酮:分析纯,天津市富宇精细化工有限公司;三羟甲基丙烷三丙烯酸酯(TMPTA):工业级,上海引昌新材料有限公司。

傅里叶变换红外光谱仪:Nicolet IS10,美国 Thermo Fisher 仪器公司;扫描电子显微镜:EVO MA 15,ZEISS 公司;紫外光固化机:GEZI80W-365,中山市古镇言西早照明电器厂;接触角测量仪:JC2000C1,上海中辰。

1.2　蓖麻油基聚氨酯丙烯酸酯的制备

将 51.34 g 蓖麻油、10.00 g TMPTA 和 24.70 g IPDI(含有 2 mol NCO)作为反应原料加入 250 mL 三口烧瓶中,油浴加热到 45 ℃,以 250 r/min 搅拌 1.5 h,接着加入 0.02 g 催化剂 DBTDL,反应 3 h(实时检测系统中 NCO 基团含量为添加量 1/2),得到蓖麻油基异氰酸酯半封端中间体。然后,在反应体系中加入 13.83 g HEA 和 0.10 g 阻聚剂对苯二酚,升温至 80 ℃,继续以 250 r/min 搅拌反应 4 h,直至 NCO 基团含量低于 0.5%,得到淡黄色蓖麻油基聚氨酯丙烯酸酯液体。

1.3　蓖麻油基疏水涂层的构建

分别称量可 UV 固化树脂 COPUA 和 VTES(两者的质量比分别为 1∶1,1∶2,1∶3 和 1∶4),将 2 种树脂加入烧杯中,加入树脂总质量 3% 的光引发剂 TPO,在 2500 r/min 转速下 25 ℃搅拌 15 min 使其混合均匀。接着在混合体系中分别添加 COPUA 和 VTES 树脂总质量 2%,4%,6%,8%,10% 和 12% 的疏水 $hSiO_2$,在 25 ℃以 2500 r/min 转速搅拌 15 min,并在 150 W 功率下超声 10 min,制备获得均匀分散的涂料混悬液。随后,用四面涂布器将涂料混悬液涂布到玻璃板上(湿膜厚度为 250 μm),进而用 365 nm 紫外光固化机照射 30 s 进行 UV 固化,接着放入 100 ℃烘箱中 4 h 进行原位缩合,最终得到蓖麻油基疏水复合涂层。所制备的复合涂层命名 $C_xV_yS_z$,其中 x 和 y 分别代表 COPUA 和 VTES 的质量比,z 代表 $hSiO_2$ 占 COPUA 和 VTES 树脂总质量的质量分数。Fig.1 为构建蓖麻油基疏水复合涂层涉及的主要反应过程及产物结构。此外,采用 COPUA 树脂和 $hSiO_2$ 纳米粒子构建对照固化膜(命名为 $C_1V_0S_{10}$)样品。

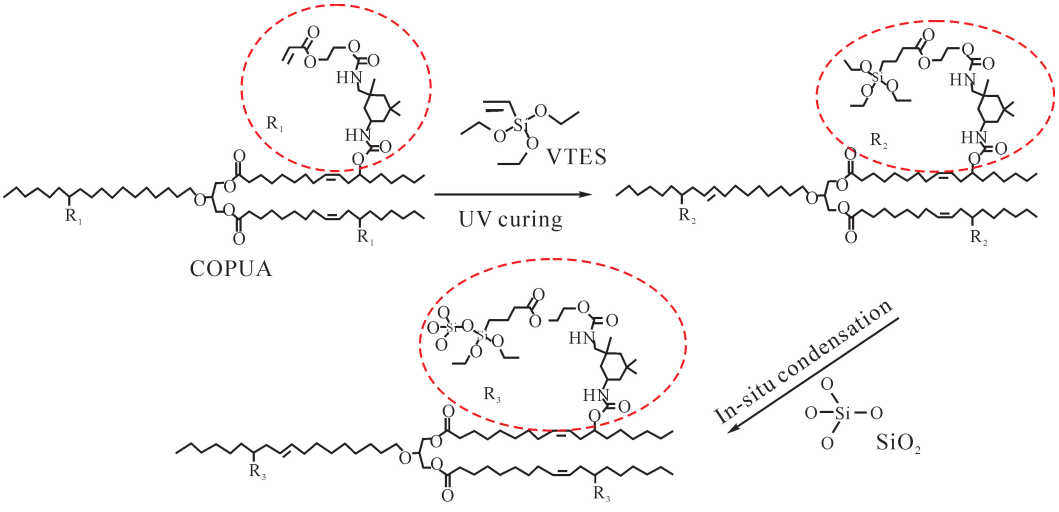


Fig. 1　Main reactions in the preparation process of the castor oil-based hydrophobic composite coatings

1.4 测试与表征

1.4.1 傅里叶变换红外光谱表征：采用傅里叶变换红外光谱仪（FT-IR）对 COPUA，VTES 和 $hSiO_2$ 原料及固化涂层进行结构表征。测试波数范围为 400~4000 cm^{-1}。

1.4.2 铅笔硬度测试：采用手动法对固化涂层的铅笔硬度进行测定。将待测涂层固定，将铅笔与涂层角度保持 45°，以铅笔不被折断的力度将笔尖紧压在涂层上，以 1 cm/s 的速度用力划，每划一道对笔尖进行切削处理，重复划 5 次。划完之后，根据涂层破损情况评定硬度。

1.4.3 凝胶率和溶胀率测定：为了测定固化涂层的凝胶率，首先称取约 0.5 g 试样（记为 m_0），在 25 ℃浸入 15 mL 丙酮中，浸泡 48 h 后，用滤纸吸干试样表面溶剂。随后将浸泡后的试样在 60 ℃烘箱中干燥至恒量，称量记录为 m_1。每个样品重复 3 次测试，取平均值。根据式(1)计算涂层试样的凝胶率(GC)

$$GC=\frac{m_1}{m_0} \tag{1}$$

固化涂层的溶胀率测定，在 25 ℃将约 0.5 g 试样（记为 m_a）分别浸入 15 mL 水、甲苯和乙醇中。浸泡 48 h 后，用滤纸吸干试样表面溶剂，并对溶胀试样称量（m_b）。每个样品重复 3 次测试，取平均值。根据式(2)计算涂层试样的溶胀率(SR)

$$SR=\frac{m_b-m_a}{m_a} \tag{2}$$

1.4.4 耐酸碱性分析：根据国标 GB/T 9274-1988（甲法）对固化涂层的耐酸碱性进行考察。在 25 ℃取适量固化涂层样品，分别在 10% 氢氧化钠和 10% 盐酸水溶液中浸泡 48 h。接着对浸泡后样品外观形态进行观察并记录。若样品能保持完整原始形态，记作“+”；若样品不能保持原始形态而发生溶解，记作“-”。

1.4.5 接触角测试：采用接触角测量仪，按国标 GB/T 30693-2014 对样品进行水接触角测试。测试温度为 25 ℃，为了结果准确，每个样品在不同位置平行测试 5 次取平均值。

1.4.6 扫描电子显微镜表征：采用 SEM 对固化涂层的表面形貌进行观察。观察前先在固化涂层表面镀金以防止静电现象的产生。

1.4.7 耐摩擦性评估：在 1000 目砂纸上放置固化涂层样品，将 100 g 砝码放置在涂层样品上。接着水平移动涂层，让涂层在砂纸上水平移动 10 cm，以此为 1 个周期，进行 8，16，24，32，40，48，56，64 和 72 个周期后，对涂层表面进行水接触角测试，每组样品重复 3 次，取平均值。

2 结果与讨论

2.1 傅里叶变换红外光谱分析

本文中，对 COPUA，VTES，$hSiO_2$ 和 $C_1V_3S_{10}$ 进行了红外光谱测试，结果如 Fig.2 所示。在 COPUA 的红外吸收光谱中，2973 cm^{-1}，2885 cm^{-1} 和 1724 cm^{-1} 处的峰分别归属于亚甲基、甲基的不对称伸缩振动及羰基的特征峰；在 VTES 的红外吸收光谱中，1083 cm^{-1} 处是—Si—O—的伸缩振动峰；在 $C_1V_3S_{10}$ 的红外吸收光谱中，2973 cm^{-1}，2885 cm^{-1}，1724 cm^{-1} 和 1072 cm^{-1} 处都出现了吸收峰，表明 $C_1V_3S_{10}$ 中含有 COPUA 与 VTES 成分，即 COPUA 与 VTES 成功交联。另外，相较于 COPUA 红外吸收光谱，$C_1V_3S_{10}$ 红外吸收光谱中的 1635 cm^{-1} 处—C=C 的吸收峰强度明显降低，说明 COPUA 中的双键产生了固化交联，从而形成了涂层的基质。此外，在 $C_1V_3S_{10}$ 红外吸收光谱中，—CH_3 和—CH_2 的吸收峰强度显著降低，—OH 的吸收峰强度变弱，同时有 Si—O—Si 的伸缩振动宽峰出现在 1072 cm^{-1} 处，这是由于 VTES 和 $hSiO_2$ 间发生了原位缩合反应。综上所述，$C_1V_3S_{10}$ 涂层成功制备。

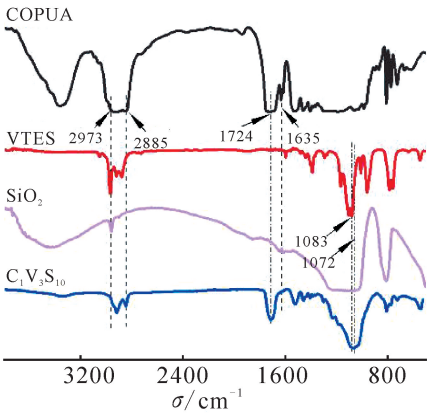


Fig. 2 FT-IR spectra of COPUA, VTES, $hSiO_2$ and $C_1V_3S_{10}$

2.2 成膜效果分析

涂层的固化效果对涂层的性能和应用具有重要影响，因此，探究涂层的固化效果，即涂料的成膜效果，有助于更好地调控涂层的性能，提升应用效果。固定 $hSiO_2$ 用量为 UV 固化树脂质量的 10%，考察

COPUA 与 VTES 的质量比对涂层成膜效果的影响,结果见 Fig.3。观察可知,只有 COPUA∶VTES 质量比为 1∶2 和 1∶3 时,涂料能够固化完全,且所制备的涂层外观形貌完整,其余比例均有一定程度的裂痕,总体来说,COPUA∶VTES 质量比为 1∶3 时所构建的膜完整程度最好。涂层开裂的原因可能是在一定添加量的 $hSiO_2$ 下,过低含量的 VTES 不利于 $hSiO_2$ 在 COPUA 中的分散,也不利于 COPUA 与 $hSiO_2$ 的有效结合;过高含量的 VTES 容易出现自聚,使得固化过程中涂层产生裂痕[9];过低或过高含量的 VTES 均不利于涂层完整成膜。因此,采用 m(COPUA)∶m(VTES)为 1∶3 来开展后续试验。

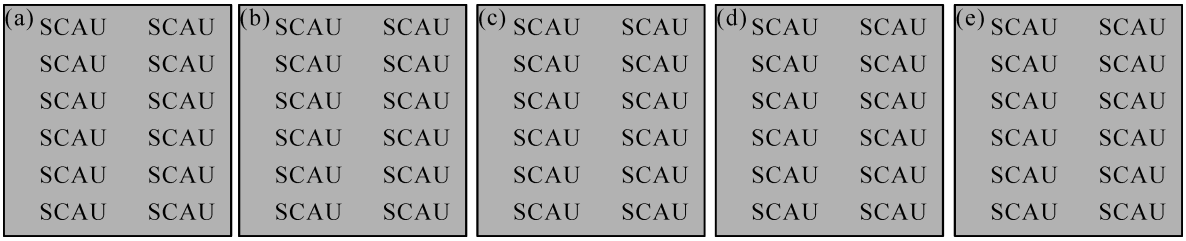


Fig. 3　Photographs of (a) $C_1V_0S_{10}$, (b) $C_1V_1S_{10}$, (c) $C_1V_2S_{10}$, (d) $C_1V_3S_{10}$ and (e) $C_1V_4S_{10}$ coating films

2.3　疏水涂层的基本性能

2.3.1　*铅笔硬度分析*:固化涂层铅笔硬度测试结果如 Fig.4(a)所示。以 $C_1V_3S_0$ 为空白对照,固化涂层中引入 $hSiO_2$(质量分数为 2%~10%),涂层的铅笔硬度由 2H 提升至 3H。这主要是由于 $hSiO_2$ 纳米粒子本身具有较高的硬度,引入到涂层中可以提升涂膜的力学性能,因此,引入 $hSiO_2$ 的涂层铅笔硬度提高。然而当 $hSiO_2$ 浓度增加为 12% 时,涂层的铅笔硬度反而降低,这主要是由于过高含量的 $hSiO_2$ 导致其在涂层中分散不均匀,聚集的 $hSiO_2$ 阻碍了均匀连续的涂层结构形成,从而使得涂层的铅笔硬度降低。

Tab. 1　Swelling properties and solvent resistance of the cured coating films

Coating films		$C_1V_3S_0$	$C_1V_3S_2$	$C_1V_3S_4$	$C_1V_3S_6$	$C_1V_3S_8$	$C_1V_3S_{10}$	$C_1V_3S_{12}$
SR/%	Water	0.8	0.8	0.5	0.7	0.6	0.5	0.8
	Toluene	1.6	3.1	1.9	1.5	3.0	1.3	2.6
	Ethanol	2.9	2.8	3.5	2.5	2.6	1.2	2.3
Acid resistance		+	+	+	+	+	+	+
Alkali resistance		–	–	–	–	–	–	–

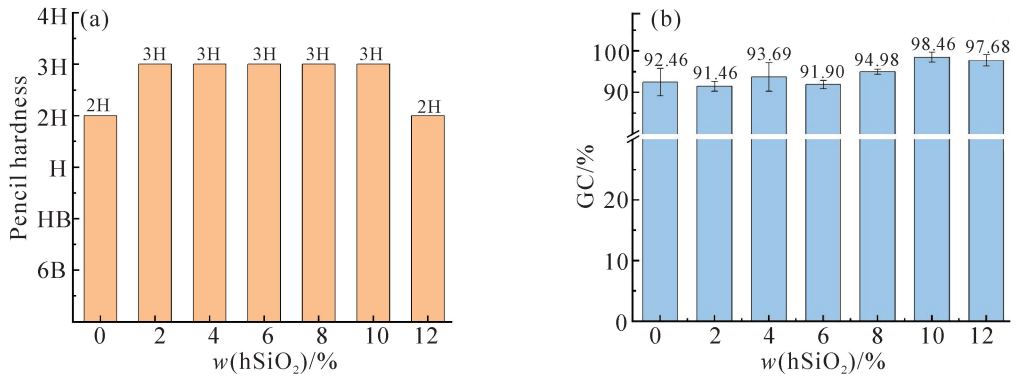


Fig. 4　(a) Pencil hardness and (b) gel content of the coating films prepared with different $hSiO_2$ contents

2.3.2　*凝胶率及耐溶剂性测定*:固化涂层凝胶率测试结果如 Fig.4(b)所示,耐溶剂性测试结果见 Tab.1。研究结果表明,所有涂层样品的凝胶率均在 91% 以上,均展现出耐酸性、耐溶剂性及碱溶性。优异的凝胶率、交联密度赋予涂层良好的耐水和有机溶剂性,还具有优异的酸抵抗性。由于构建涂层的

基体树脂 COPUA 分子结构中含有酯键，使得涂层在碱性环境中可以降解，具有碱溶性，因此，可采用碱处理废弃的涂层，避免废弃涂层引起固体污染。

2.4 水接触角分析

水接触角是疏水涂层十分关键的指标[10]，能够直观地反映疏水效果的好坏。在 m(COPUA)∶m(VTES)为 1∶3 时，考察了 $hSiO_2$ 的质量分数(0%，4%，6%，8%，10% 和 12%)对涂层水接触角的影响。研究结果如 Fig.5(a)所示，未添加 $hSiO_2$ 时，$C_1V_3S_0$ 涂层水接触角只有 83.32°，未达到疏水效果。随着 $hSiO_2$ 含量的增加，涂层的水接触角呈上升趋势，并在质量分数为 10% 时最高，$C_1V_3S_{10}$ 涂层的水接触角为 126.25°，达到明显的疏水效果，说明添加适量 $hSiO_2$ 显著提升了涂层的疏水效果。这主要是因为 $hSiO_2$ 本身的低表面能，另一方面归因于 VTES 与 $hSiO_2$ 在缩合时生成的 Si—O—Si 键起到了良好的连接作用，成功地将疏水链段引入蓖麻油基聚合物涂层基材中，从而明显提升了涂层的疏水效果[11]。引入适量的 $hSiO_2$ 有利于提升涂层表面的粗糙结构，这也有利于涂层表面水接触角的增加。为了探究 $C_1V_3S_{10}$ 涂层在接触不同酸碱溶液时的疏水效果，分别用不同 pH 的溶液测试涂层的水接触角。如 Fig.5(b)所示，接触角在 pH = 7 时达到最高，为 126.25°，而在酸性或碱性增加时，水接触角呈下降趋势。特别地，在 pH = 1 时，$C_1V_3S_{10}$ 涂层接触角下降至 117.22°；在 pH = 14 时，$C_1V_3S_{10}$ 涂层接触角下降至 105.74°，此时接触角最低。上述结果表明，尽管涂层在接触酸性或碱性溶液时其水接触角减小，但仍能保持疏水效果。

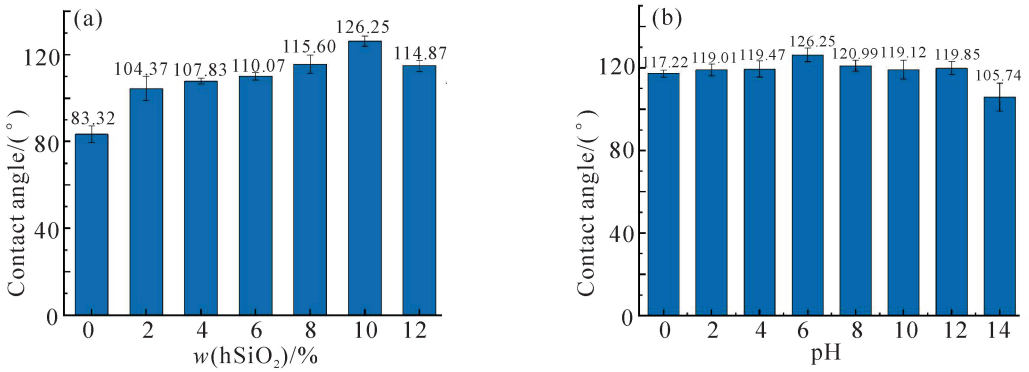


Fig. 5 Water contact angle of (a) $C_1V_3S_z$ coating films prepared with different $hSiO_2$ contents, and (b) water contact angle of $C_1V_3S_{10}$ coating film tested using aqueous solutions with different pH

2.5 SEM 分析

涂层的成分和结构对涂层的表面疏水性均有影响[12,13]。为了证实 $hSiO_2$ 引入确实有利于形成涂层表面的微纳米结构，通过扫描电子显微镜观察了 $C_1V_3S_{10}$ 涂层的表面形貌。Fig.6 显示了不同放大倍率下的 $C_1V_3S_{10}$ 疏水涂层的 SEM 图像。由 Fig.6(a)可知，涂层表面不平整，由微尺度突起、纳米级颗粒组成。在 Fig.6(b)中可以观察到，涂层表面由聚集的 $hSiO_2$ 纳米颗粒组成，这些纳米颗粒通过 Si—O—Si 键与涂层基质连接起来，形成结构粗糙的复合涂层，这种特殊的表面粗糙微纳米结构有助于捕获空气，增加涂层的疏水性[11]。

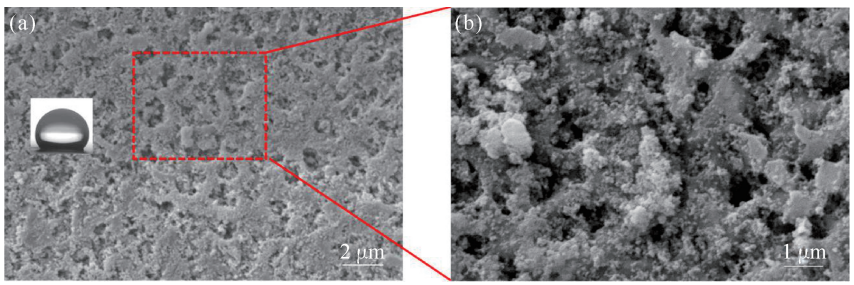


Fig. 6 SEM images of $C_1V_3S_{10}$ coating film acquired at magnification scales of (a) 15000× and (b) 30000×

2.6　耐摩擦性评估

Fig.7(a)为涂层耐磨擦性测试示意图,Fig.7(b)为涂层耐摩擦性测试结果。如图可知,涂层未遭受摩擦前水接触角达 126.25°,磨损后涂层的水接触角下降,但经过 64 次磨损循环后,涂层水接触角仍超过 90°,经过多次摩擦后,涂层表面的形貌与完整涂层的形貌相似,显示出稳定的疏水性能。这主要归因于涂层内部的自相似结构,表面颗粒被消耗后,内部纳米颗粒在暴露后仍能保持粗糙的结构和较低的表面能[14]。上述结果充分证实疏水涂层具有一定的力学稳定性和耐磨性。

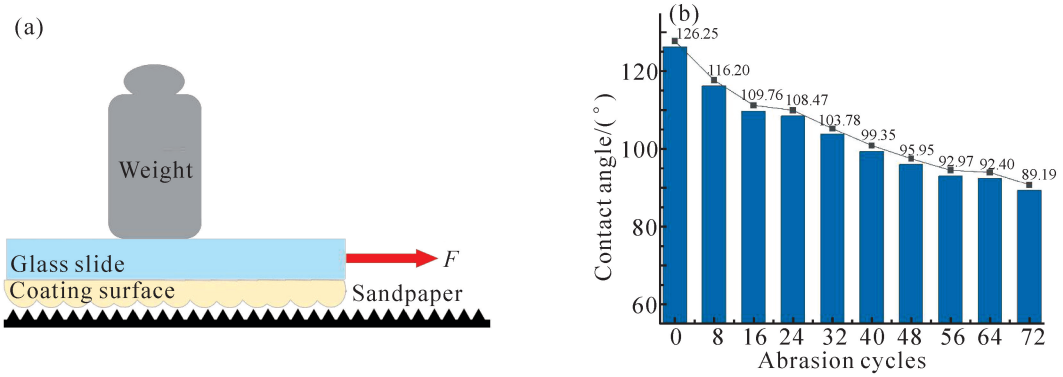


Fig. 7　(a) Schematic diagram for coating friction test, (b) water contact angle variation of $C_1V_3S_{10}$ coating film during sandpaper abra process

3　结论

本文以 COPUA,VTES 和 $hSiO_2$ 为原料,基于无溶剂、UV 光固化的绿色方法成功构建了环境友好型蓖麻油基疏水涂层。结果表明,COPUA 与 VTES 质量比为 1∶3,$hSiO_2$ 质量分数为 10% 时,涂层的疏水性能最好,水接触角达到 126.25°。此外,摩擦测试结果表明,在 1000 目砂纸中经过 640 cm 摩擦后,涂层仍具有疏水性能。随着生物基蓖麻油低聚物的加入,本研究体系绿色环保,制造过程简便省时,经济高效,且不含氟和溶剂,为多功能生物基疏水材料的制备提供了一种有效的途径。

参考文献:

[1] Xu D, Gu T, Lovley D R. Microbially mediated metal corrosion[J]. Nature Reviews Microbiology, 2023, 21: 705-718.

[2] Krishnan A, Krishnan A V, Ajith A, *et al.* Influence of materials and fabrication strategies in tailoring the anticorrosive property of superhydrophobic coatings[J]. Surfaces and Interfaces, 2021, 25: 101238.

[3] Saji V S.Recent progress in superhydrophobic and superamphiphobic coatings for magnesium and its alloys[J]. Journal of Magnesium and Alloys, 2021, 9: 748-778.

[4] Sharma K, Hooda A, Goyat M S, *et al.* A review on challenges, recent progress and applications of silica nanoparticles based superhydrophobic coatings[J]. Ceramics International, 2022, 48: 5922-5938.

[5] Ansari A, Nouri N M. Hydrophobic photocatalytic composite coatings based on nano-TiO_2 and fluorinated ethylene propylene prepared by electrostatic spraying[J]. Ceramics International, 2023, 49: 14655-14665.

[6] Zhang Y, Wang T, Wu M, *et al.* Durable superhydrophobic surface with hierarchical microstructures for efficient water collection[J]. Surface and Coatings Technology, 2021, 419: 127279.

[7] Shao W, Liu D, Cao T, *et al.* Study on favorable comprehensive properties of superhydrophobic coating fabricated by polytetrafluoroethylene doped with graphene[J]. Advanced Composites and Hybrid Materials, 2021, 4: 521-533.

[8] Li P, Chu Z, Chen Y, et al One-pot and solvent-free synthesis of castor oil-based polyurethane acrylate oligomers for UV-curable coatings applications[J]. Progress in Organic Coatings, 2021, 159: 106398.

[9] Ghamarpoor R, Jamshidi M. Synthesis of vinyl-based silica nanoparticles by sol-gel method and their influences on network microstructure and dynamic mechanical properties of nitrile rubber nanocomposites[J]. Scientific Reports, 2022, 12: 15286.

[10] Si Y, Dong Z, Jiang L. Bioinspired designs of superhydrophobic and superhydrophilic materials[J]. ACS Central Science, 2018, 4: 1102-1112.

[11] Guo J, Wang C, Yu H, *et al.* Preparation of a wear-resistant, superhydrophobic SiO_2/silicone-modified polyurethane composite

coating through a two-step spraying method[J]. Progress in Organic Coatings, 2020, 146: 105710.

[12] Liu M, Luo Y, Jia D. Facile, solvent-free fabrication of a robust 3-dimensional continuous superhydrophobic coating with wettability control and abrasion healing[J]. Chemical Engineering Journal, 2019, 368: 18-28.

[13] Fan X, Song S, Shi Y, *et al*. Mechanochemical stable superhydrophobic coating toward lasting corrosion protection[J]. Progress in Organic Coatings, 2023, 178: 107478.

[14] Cheng Y, Tang X, Li Z, *et al*. Preparation technology of nano-SiO_2 super-hydrophobic hybrid coating with low cost and high abrasion-resistant[J]. Materials Letters, 2024, 355: 135453.

Green Preparation and Properties of Solvent-Free Castor Oil-Based Hydrophobic Coating Film

Xuanjie Liang[1], Xiyan Shen[1], Zixi Lin[1], Hongjie Huang[1], Zhi Ye[2], Zhuohong Yang[1], Yang Hu[1]

(*1. College of Materials and Energy, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2. Carbaoly Chemical Group Co., LTD., Jiangmen 529085, China*)

ABSTRACT: To construct green, environmentally friendly, and economically efficient bio-based hydrophobic coatings, in this paper, a one-pot method was employed using castor oil-based polyurethane acrylate (COPUA), vinyltriethoxysilane (VTES) and nano-sized hydrophobic silica particles ($hSiO_2$) as raw materials of the coating suspension. And then, the UV curing and in situ condensation reactions were carried out to obtain a castor oil-based solvent-free hydrophobic coating film. The structures of the COPUA and coating films were characterized by infrared spectroscopy. And the mechanical property, hydrophilicity and mechanical stability of the coating films were analyzed through pencil hardness measurement, water contact angle test, and friction investigation. The results indicate that when the mass ratio of resin COPUA to VTES is 1∶3 and the mass fraction of $hSiO_2$ is 10% of the total resin, the comprehensive performance of the coating film is optimal with the water contact angle of 126.25° and the pencil hardness of 3H. After a 640 cm abrasion test on 1000-mesh sandpaper, the water contact angle of the coating film remains greater than 90°, which indicates the hydrophobic state of the scraped coating film. This preparation technology of hydrophobic coating is not only green and environmentally friendly without fluorine and solvents, but also simple, economical and efficient. The fabricated wear-resistant bio-based hydrophobic coating film holds broad application prospects.

Keywords: castor oil; hydrophobic coating; solvent free; UV curing