

专论与综述

# 功能性硅烷偶联剂在涂料中的应用

刘国杰

(中国涂料工业协会,北京 100082)

摘要:介绍了功能性硅烷偶联剂的结构与品种,较详细介绍了它们在附着力促进剂、无铬表面活性剂、“耐指纹”涂料,以及在无机纳米材料表面修饰中的应用。

关键词:硅烷偶联剂;涂层附着力;无铬钝化处理;纳米材料

中图分类号:TQ630.4 文献标识码:A 文章编号:1007-9548(2009)02-0041-06

## Application of Functional Silane Coupling Agent in Paint

LIU Guo-jie

**Abstract:** The structure and variety of functional silane coupling agents are introduced. Their applications in the adhesion accelerator, chromium-free surfactant, fingerprint-resistant paint and surface treatment of nano inorganic materials are described in detail.

**Key words:** silane coupling agent, adhesion of coating film, chromium-free passivation, nano materials

### 1 引言

功能性硅烷偶联剂,其通式为  $R_nSiX_{(4-n)}$ ,式中,R是非水解的有机部分,它是烷基、芳基、有机功能基(如乙烯基、氨基、环氧基、巯基等)或这些基团的任意组合。R对其它化合物提供相容性,它可以让硅烷与涂料的成膜聚合物形成互穿网络聚合物(IPN)或R中的功能基和涂料成膜聚合物产生交联反应。烷基和芳基硅烷被用于改进涂膜光泽、遮盖力、混容性和对颜料的润湿性与分散性能<sup>[1]</sup>。

X代表可水解的烷氧基部分,典型代表是甲氧基或乙氧基。它们易被空气中的水分或任何底材表面的水分水解,生成硅醇,进一步和不同形式的羟基反应,并释放甲醇或乙醇。

具有代表性的功能性硅烷偶联剂列于表1<sup>[2]</sup>。

### 2 涂料助剂

#### 2.1 附着力促进剂

有机硅烷助剂在涂料中应用较为广泛,如抑泡、消泡、润湿、分散、流平、增光、促进附着力等,以硅烷

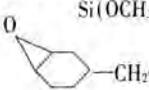
偶联剂用于附着力促进剂最为重要<sup>[3]</sup>。硅烷偶联剂在底材上的反应过程见图1<sup>[4]</sup>。

#### 2.2 硅烷偶联剂提高附着力的作用

##### 2.2.1 促进对底材的润湿——增强涂料对底材的锚固作用

底材经表面处理后具有一定的粗糙度,有凹缝和微孔,使涂料与底材的粗糙面之间的接触面积远大于其几何面积,增加了界面的吸引力。硅烷偶联剂起表面活性剂的作用,促进涂料渗入粗糙表面上的凹缝、微

表1 代表性功能性硅烷偶联剂

序号	有机功能基	结构式	化学名称	缩写
A	乙烯基	$CH_2=CHSi(OCH_3)_3$	乙烯基三甲氧基硅烷	
B	氯丙基	$Cl(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	$\gamma$ -氯丙基三甲氧基硅烷	
C	环氧基	$\begin{array}{c} \diagup O \diagdown \\ CH_2-CHCH_2O(CH_2)_3Si(OCH_3)_3 \\   \\ CH_3 \end{array}$	$\gamma$ -(2,3-环氧丙氧基)丙基三甲氧基硅烷	$\gamma$ -GPS
D	甲基丙烯酸酯基	$CH_2=C(CH_3)-COO(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	$\gamma$ -甲基丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷	$\gamma$ -MPS
E	伯胺基	$H_2N(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	$\gamma$ -氨基丙基三甲氧基硅烷	$\gamma$ -APS
F	二氨基	$H_2N(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	$n$ - $\beta$ -氨基乙基- $\gamma$ -氨基丙基三甲氧基硅烷	
G	巯基	$HS(CH_2)_3Si(OCH_3)_3$	$\gamma$ -巯丙基三甲氧基硅烷	
H	阳离子苯乙烯基	$CH_2=CHC_6H_4CH_2NH(CH_2)_2NH(CH_2)_3Si(OCH_3)_3 \cdot HCl$		
I	环脂环氧基	 - $CH_2CH_2Si(OCH_3)_3$	$\beta$ -(3,4-环氧环己基)乙基三甲氧基硅烷	

孔中并固化,类似于用燕尾楔将2块木板相互连接,大大增强了涂层的锚固作用——附着力<sup>[5]</sup>。

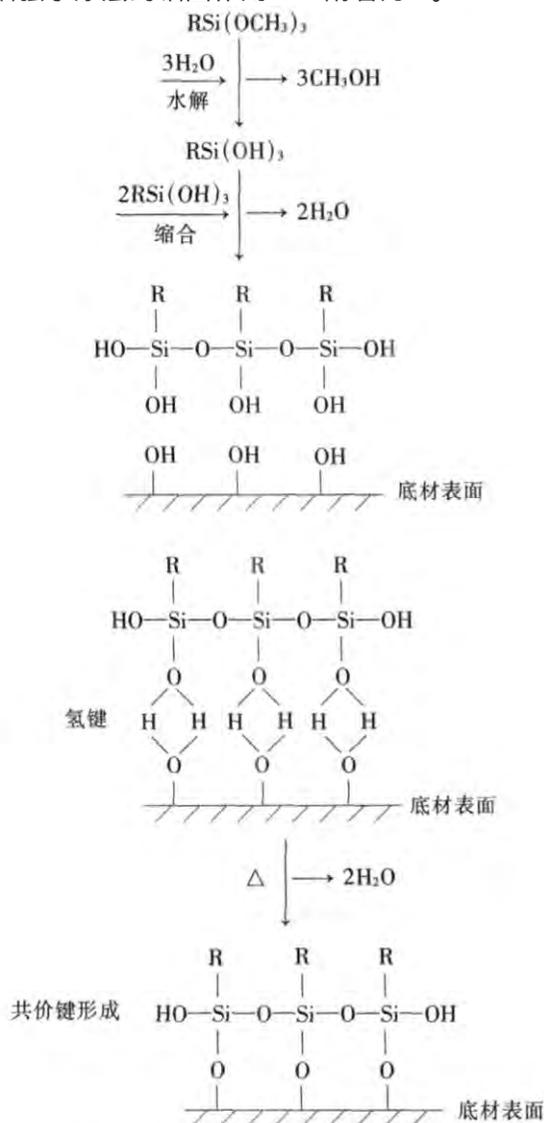


图1 硅烷偶联剂在被涂装底材表面的反应过程

### 2.2.2 硅烷偶联剂和底材表面相互作用增加附着力

#### (1)与金属表面相互作用

干净的钢铁表面上存在单层含结晶水的氧化铁,硅烷偶联剂和其相互作用,产生水解缩合,形成共价键和氢键。硅烷中的烷氧基也可直接和金属表面的氧化物反应,在潮湿条件下发生交联<sup>[6]</sup>。在有磷化底漆的表面上,硅烷偶联剂可以与其产生氢键和化合反应,还可形成螯合物,这些均可促进附着力的提高。一般铝材表面牢固附着一层致密的氧化铝膜,硅烷偶联剂和氧化铝除形成氢键外还形成配位键,提高了连接强度。对铜或含铜的铝合金表面,促进剂与Cu<sup>+</sup>可以产生配价键,增加吸引力。硅烷偶联剂处理氧化钛(TiO<sub>2</sub>)表面,分析证明有Si—O—Ti键形成。

综上所述,硅烷偶联剂和金属表面相互作用,除了

产生氢键、共价键(Si—O—M)外,还产生配价键,形成螯合结构。

#### (2)与玻璃和其它无机填料表面的相互作用

硅烷偶联剂第一个应用领域是用于玻璃加强塑料的玻璃纤维的表面处理,以提高涂层的附着力和耐水性<sup>[5]</sup>。用γ-氨基丙基三甲氧基硅烷(γ-APS)促进剂处理玻璃表面,在甲氧基水解后和玻璃表面的羟基反应,同时烷氧基之间也产生交联。之后如涂覆环氧底漆,γ-APS中的氨基与环氧树脂中的环氧基反应,γ-APS在这里起环氧树脂固化剂的作用,反应过程见图2。

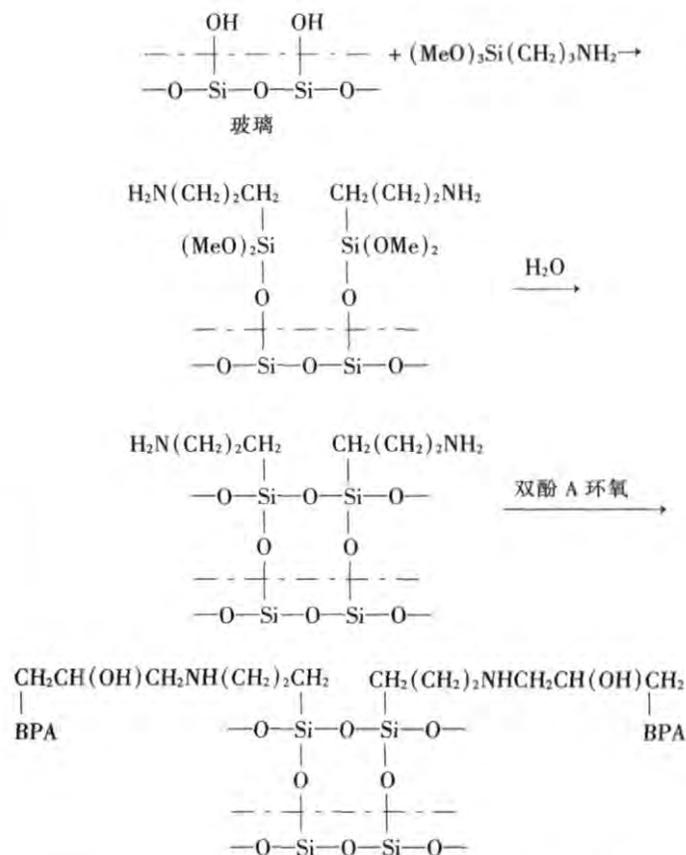


图2 γ-APS与玻璃表面及环氧树脂相互作用过程

硅烷偶联剂预先处理用于涂层的填料,如硅微粉、白炭黑、陶土、水合氧化铝、滑石粉等,可以改进涂层的附着力及机械强度。

#### (3)与塑料表面相互作用

塑料的表面自由能一般低于金属表面,甚至比许多涂料的表面张力低,不易被涂料润湿。涂装前对塑料表面进行氧化处理,如火焰法氧化处理,也可通过表面在电晕放电的大气中来完成。氧化处理使塑料表面产生诸如羟基、羧基和酮基之类的极性基团,提高塑料表面的极性,即提高表面自由能,和硅烷促进剂产生共价键、氢键的相互作用,提高附着力。

### 2.2.3 硅烷偶联剂和其表面的涂层相互作用 增加层间黏结力

用硅烷偶联剂作底漆处理底材表面,然后涂底漆,形成偶联剂底层和底漆层之间新的界面。偶联剂中的功能基和底漆层成膜物中的基团发生化学反应。硅烷偶联剂中的氨基可以和底漆中的环氧基反应(见图2)羟基与巯基可以和聚氨酯中的氨基反应;偶联剂中的烯基可以和底漆中的含双键的成膜物(醇酸树脂、不饱和树脂等)反应。反应的结果形成共价键,因而能增加涂层间的黏结力。

### 3 硅氧烷在无铬表面钝化处理中的特殊应用

金属表面在清洁之后进行磷化处理,然后用铬酸盐或  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ (铬酐)钝化,在金属表面生成一层致密的钝化薄膜,可以进一步提高涂料的附着力和防腐性能。

铝和钢的合金由于具有优异的物理机械性能、刚性、强度和轻量化,在海洋开发和飞机制造业中得到了广泛应用。但这些合金对环境的氧化和腐蚀是敏感的,为保护飞机机身及其零部件用的铝合金不受外界的腐蚀,在涂装前必须进行钝化处理。

采用铬钝化铝合金表面,在钝化工序产生  $\text{Cr}^{6+}$  的废水,  $\text{Cr}^{6+}$  是致癌物,增加废水处理难度。飞机维修时,要用强脱漆剂除去含  $\text{Cr}^{6+}$  的旧漆层,也造成污染。开发代替铬钝化剂的转化型涂层、保持甚至提高转化型涂层防腐性是国内外涂料涂装技术界致力研究的课题。

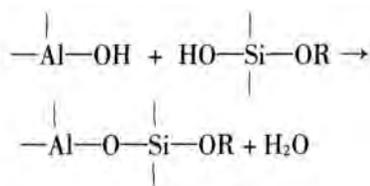
近年来,利用硅烷偶联剂取代铬进行铝合金表面钝化处理,取得了明显进展。

#### 3.1 硅烷偶联剂用于铝合金表面无铬钝化处理

采用含乙烯基或烯丙基的硅氧烷为前驱体,用溶胶-凝胶技术进行铝合金的无铬表面处理。关键要符合2个要求:①无铬转化型涂层对金属表面具有优良的附着力,对它上层的底漆要有优良的层间附着力;②具有和铬酸盐相同的防腐性能。

##### (1)附着力

铝合金表面通过磷化处理形成硬的多孔的氧化铝膜,厚度在50nm左右。氧化铝层表面在潮湿环境具有有效的羟基密度。这些表面羟基可以参加溶胶-凝胶的缩合反应,如下式:



在铝表面和硅溶胶-凝胶膜之间形成化学键—Al—O—Si—,这些化学键的形成使溶胶-凝胶网络和铝表面产生强相互作用,是对铝合金表面具有较强附着力的基础。示意图3<sup>[7]</sup>。

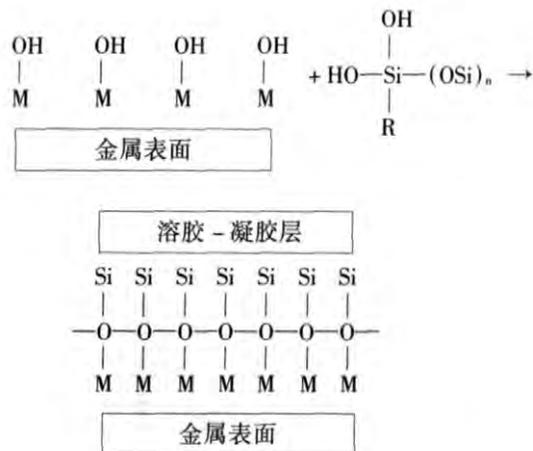


图3 溶胶-凝胶和铝合金表面相互作用

试验证实,含乙烯基和烯丙基的硅烷的溶胶-凝胶体系均通过了湿附着力的检验。对于以2-(3,4-环氧环己基)乙基三甲氧基硅烷为基础的溶胶-凝胶体系的涂膜湿附着力好,而对于以2,3-环氧丙氧基丙基三甲氧基硅烷为基础的溶胶-凝胶体系的涂膜湿附着力略差,在划线附近的涂膜有轻微的剥离。而乙烯基或丙烯基是疏水的,所以以它们为基础的溶胶-凝胶涂膜湿附着力较好。

##### (2)防腐性能

对非铬的腐蚀抑制剂进行了筛选,筛选的化合物在水基溶胶-凝胶体系涂层中和水中的溶解度对抑制腐蚀效率影响较大。草酸铈和钒酸铈溶解度较小,醋酸铈溶解度大,而偏钒酸钾和硼酸铈是中度溶解。溶解度大的腐蚀抑制剂容易从涂层中失去,过早失去抑制腐蚀的作用;溶解度太小将不能保持抑制腐蚀的有效浓度,一般采用中等溶解度的腐蚀抑制剂,如偏钒酸钾、硼酸铈等。

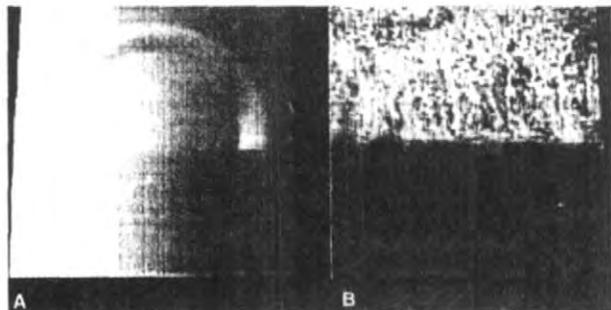
用含腐蚀抑制剂偏钒酸钾(0.37%,以质量计)的溶胶-凝胶体系涂覆和固化后的样板经盐雾试验7d没有明显腐蚀,而不同组成的体系在涂装与固化后,盐雾试验24h就产生严重腐蚀。

以环氧基和氨基混合的硅烷偶联剂为基础的二氧化硅溶胶-凝胶涂料体系的涂膜具有良好的耐腐蚀性,在铝合金样板的下半部涂覆该涂料体系,得到厚度为10μm的均匀涂膜,上半部为裸铝板,涂膜固化后,进行盐雾试验336h后未发现腐蚀,甚至不添加任何腐蚀抑制剂也是如此<sup>[8]</sup>,见图4B。

涂覆这种涂料体系的样板浸于异丙醇、乙醇、5% HCl溶液和0.1mol/L的  $\text{NH}_4\text{OH}$  水溶液中24h后,涂膜的外观与硬度无明显变化。

将这种涂料体系涂于铝合金样板下半部,膜厚10μm;130℃固化2h,进行泰伯尔(Taber)耐磨试验(按

ASTM D1044), 荷重 500 g、200 r 后, 雾影小于 5%, 而上半部裸铝产生了明显磨损(见图 4A)。



(A) Taber 磨损试验仪 200 r 后 (B) 盐雾试验 336 h 后

图 4 涂层的磨损与腐蚀试验

综上, 根据不同使用条件选择不同的硅氧烷前驱体, 以满足不同用户的要求。

### 3.2 无铬表面处理工艺推广的意义

铝合金主要用于飞机制造和海洋开发等较特殊的应用领域, 解决其无铬表面处理对减少污染和提高性能的意义较大。如果推广到整个钢铁的表面处理, 那对减少污染、改进性能的意义将更大。

以汽车工业为例, 按中国汽车工业协会统计, 2007 年 1~11 月中国汽车销售量 800 余万辆, 若按均价 10 万元/辆计, 总销售额 8 000 亿元, 按涂料涂装成本占整车价格的 3% 计, 则达 240 亿元。假定前处理费用占其中的 10%, 则为 24 亿元, 价值可观<sup>[12]</sup>。涂装新标准要求处理的磷化液中不含重金属和亚硝酸盐, 对环境有毒有害的物质也作了严格限制, 环保压力大。据不完全统计, 全国每年仅钢铁表面处理(磷化、钝化及底涂等)的市场总额超过 50 亿元人民币, 这不包括表面处理产生的废水的处理费用。由于市场大, 环保问题日益受到重视, 国外一些专业金属表面处理的公司如汉高(Henkel)<sup>[10]</sup>、凯密特尔(Chemetall)<sup>[11]</sup>等都在国内推广无铬表面处理技术。上海丰野表面处理剂公司利用日本丰野科技株式会社开发的“耐指纹”无铬表面处理剂, 采用了有机/无机杂化的纳米复合技术, 已在国内一些钢铁公司推广, 前景看好<sup>[12]</sup>。

### 4 硅烷偶联剂在纳米微粒表面修饰中的应用

用无机纳米微粒改性涂料可以赋予涂料许多特殊性能, 这已被许多研究工作所证实<sup>[13, 14]</sup>。纳米微粒比表面积大、表面能高、易团聚。要使无机纳米微粒均匀、稳定地分散于涂料体系中, 必须对纳米微粒进行表面修饰, 许多学者对此进行了研究<sup>[15-18]</sup>。采用硅烷偶联剂作纳米微粒的表面修饰预制成纳米浆料、再引进到涂料中是其中的一种重要方法。

现以华南理工大学陈中华教授制备的 ATO 浆料

为例说明硅烷偶联剂修饰纳米微粒的作用。ATO 是纳米掺锡二氧化锡, 是反射隔热涂料中的主要材料, 先制成浆料, 然后用于涂料中<sup>[14]</sup>。

#### 4.1 硅烷偶联剂在制备纳米浆料时的反应原理

硅烷偶联剂在制备纳米浆料时的反应机理见图 5。

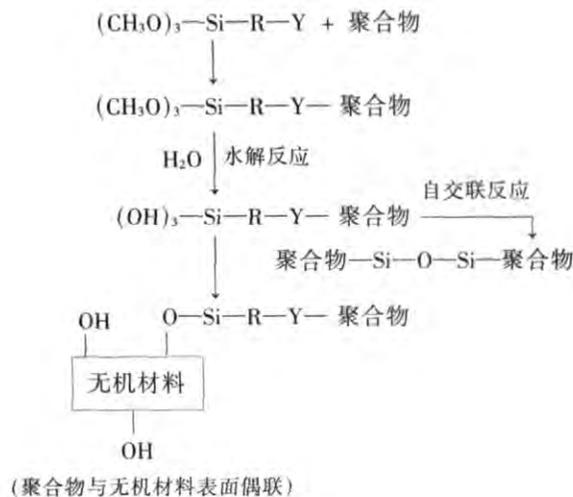


图 5 硅烷偶联剂在制备纳米浆料时的反应机理

从图 5 可以看出, 偶联剂的亲水基团能与无机纳米粒子表面的羟基结合, 其疏水基团能与其中的聚合物结合。硅烷偶联剂同纳米粒子的结合是从与纳米粒子表面的羟基作用开始的, 尤其是纳米表面存在不饱和键及不同键合状态的羟基。而硅烷偶联剂水解速率比较缓慢, 水解产物呈中性, 比较稳定, 因此可以在以水为介质的情况下处理纳米粒子。将硅烷偶联剂放入水中首先发生水解, 生成硅醇, 然后与纳米粒子表面羟基之间产生牢固的键合作用, 其中包括 Si-OH 与 Si-OH 的脱水作用、形成氢键及范德华力作用等, 最终使纳米粒子的表面被硅烷偶联剂所覆盖。硅烷偶联剂与无机纳米微粒表面的羟基之间形成的氢键比范德华力作用强, 能够牢固地将硅烷偶联剂固定在粉体表面。包覆在无机纳米粉体表面的硅烷偶联剂所带来的有机功能基团能够有效地与有机分散体、成膜树脂相结合, 从而提高分散效率。同时, 硅烷偶联剂的存在能够产生空间位阻效应, 阻止无机纳米粒子发生团聚。

#### 4.2 硅烷偶联剂对纳米 ATO 表面修饰的表征

ATO 是掺锡的纳米氧化锡, 是反射型隔热外墙涂料的主要反射热材料, 对太阳辐射热的反射比达到 86%。但纳米 ATO 必须经硅烷偶联剂表面修饰制成纳米浆料, 然后分散于反射隔热涂料中。

经过试验证实, 选用 KH570 偶联剂(丙烯酰氧基丙基三甲氧基硅烷), 最小包覆面积为 16 m<sup>2</sup>/g, 用量占纳米 ATO 的 1.5% 为佳。经 KH570 表面修饰的纳米 ATO 的表征如后。

#### 4.2.1 硅烷偶联剂包覆ATO的红外光谱表征

表面修饰ATO前的FTIR分析见图6。用硅烷偶联剂KH570对纳米ATO粉体进行表面改性,对改性后的纳米ATO粉体采用甲苯浸泡,洗去残留在ATO粉体表面且未参与反应的KH570。采用傅立叶红外透射光谱分析经过处理后的纳米ATO粉体,结果见图7。

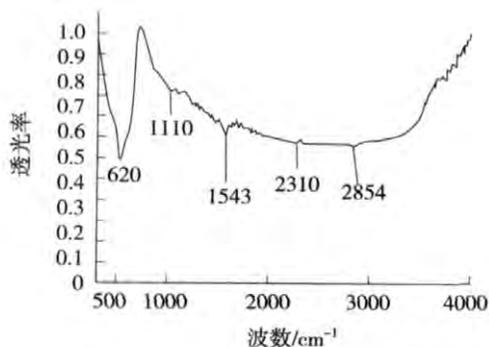


图6 纳米ATO粒子表面(未修饰)FTIR分析

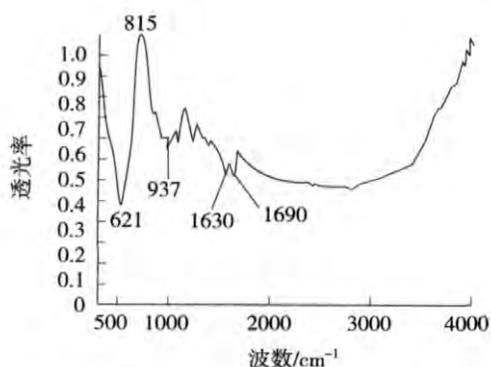


图7 表面处理后的ATO表面FTIR分析

由图6可以看出,620 cm<sup>-1</sup>处为Sn—O的极强的伸缩振动峰,说明这种物质是Sn的氧化物。2854 cm<sup>-1</sup>处出现了微弱的羟基伸缩振动峰,说明纳米ATO粉体表面有少量的羟基。因此,硅烷偶联剂能够和纳米ATO粉体表面的羟基反应,实现对纳米ATO粉体的包覆作用。

硅烷偶联剂KH570的结构式为CH<sub>2</sub>=C(CH<sub>3</sub>)—C(O)—O—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—Si(OCH<sub>3</sub>)<sub>3</sub>,而图7的伸缩振动峰有效地显示了硅烷偶联剂KH570在纳米ATO粉体表面的存在,说明硅烷偶联剂KH570已经包覆在纳米ATO粉体表面。将图7与图6对比,可以看出2854 cm<sup>-1</sup>处的羟基伸缩振动峰完全消失。621 cm<sup>-1</sup>处仍为Sn—O键的伸缩振动峰,937 cm<sup>-1</sup>与1630 cm<sup>-1</sup>处为C=C双键的伸缩振动峰,对比标准图谱,图谱中的C=C键伸缩振动峰出现向高处移动的现象,这种移动是由于与C=C双键相邻的酯基产生的诱导作用造成的。1667 cm<sup>-1</sup>与1699 cm<sup>-1</sup>处的伸缩振动

峰为脂肪酸烷基酯R<sub>1</sub>—O—O—R<sub>2</sub>的特征峰,说明粉体表面有脂肪酸烷基酯存在。1452 cm<sup>-1</sup>处出现的伸缩振动峰为—CH<sub>2</sub>—的特征峰。对比标准图谱,可以看出—CH<sub>2</sub>—的伸缩振动峰出现了向低频部分的位移。这种位移是由于KH570中—CH<sub>2</sub>—邻接了氧原子,氧原子的诱导效应导致的。

#### 4.2.2 ATO表面修饰结果的透射电镜观察

采用透射电子显微镜观察未经处理的ATO粉体和制成的ATO浆料的分散效果,结果见图8和图9。

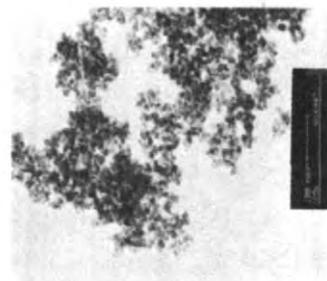


图8 未经处理的纳米ATO粉体



图9 纳米ATO浆料

由图8可见,未经表面处理的纳米ATO粒子团聚非常严重,大块团聚物的粒径远远超过100 nm(纳米ATO粉体的原级粒径为10 nm);图9为本人所制备的纳米ATO浆料,通过硅烷偶联剂的表面包覆与分散剂的分散,它在浆料中获得有效分散,纳米ATO粉体团聚体基本被打散,粉体在浆料中稳定存在。

### 5 硅烷偶联剂在改性涂料树脂中的应用

硅烷偶联剂改性醇酸、丙烯酸等树脂,可以减少硅氧烷单体用量,提高涂料的耐候性和其它性能,将另文叙述。

### 6 结语

(1)功能性硅烷偶联剂分子中含有功能基和可水解的烷氧基,在涂料中应用愈来愈广泛。

(2)硅烷偶联剂作为附着力促进剂是涂料中最重要的助剂,不仅可以增强涂料与底材的附着力,而且可以增强底漆与其上面涂层的层间黏结力,改善涂层及涂层体系的性能。

(3)硅烷偶联剂作前驱体,用溶胶-凝胶技术,研发无铬表面处理和“耐指纹”涂料在减少污染、节省能源方面有较大意义,具有大量推广的前景。

(4)硅烷偶联剂是无机纳米材料表面修饰的重要材料,对纳米材料改性涂料起较关键的作用。

#### 参考文献:

- [1] 冯圣玉,张洁. 有机硅高分子及其应用[M]. 第1版. 北京:化学工业出版社,2004:374.
- [2] Edwin P Plueddemann. Adhesion Through Silane Coupling Agents. J. Adhesion. 1970. 2(7):184.
- [3] 刘国杰. 硅烷附着力促进剂的性能及在涂料中应用[J]. 涂层新材料,2006(6):8.
- [4] Gerald L Witucki. A Silane Primer: Chemistry and Applications of Alkoxy Silanes[J]. JCT,1993,65(822):57~60.
- [5] [美]Zeno W·威克斯等著,经杼良、姜英涛等译,虞兆年校. 有机涂料科学和技术[M]. 第1版. 北京:化学工业出版社,2002:118~135.
- [6] V A Ogarev, S L Selector. Organosilicon Promoters of Adhesion and Their Influence on the Corrosion of Metals[O]. Prog. Org. Coat.,1992,21:135~187.
- [7] Tammy L Metroke, et al. Passivation of Metal Alloys Using Aol-Gelderived Materials—A Review[J]. Prag. Org. Coat.,2001,41:233~238.
- [8] Y Toshua Du, et al. Inorganic/Organic Hybrid Coatings for Aircraft Aluminum Alloy Substrates[J]. Prog. in Org. Coat.,2001,41:266~232.
- [9] 危丽琼. 实现无磷低能耗不含六价铬等重金属,硅烷技术带来新突破[N]. 中国化工报,2007-12-25(7版).
- [10] 上海汉高股份公司. 绿色彩涂——无铬化前处理[C]. 第4届国际彩板及涂料涂装技术研讨会论文集. 上海,2006:5.
- [11] 凯密特尔. 无铬预处理技术在国内的应用和发展[C]. 第4届国际彩板及涂料涂装技术研讨会论文集. 上海,2006:142.
- [12] 上海丰野表面处理公司. 用于辊涂/喷涂工艺的无铬耐指纹处理剂. 未发表.
- [13] 魏智强,王政军,乔宏霞,等. 纳米技术在建筑材料中的发展与应用[J]. 中国粉体技术,2005,11(1):45~48.
- [14] 刘国杰,曾汉民. 纳米材料改性涂料[M]. 北京:化学工业出版社,2008.
- [15] 邓祥义,胡海平. 纳米粉体材料的团聚问题及解决措施[J]. 化工进展,2002,21(10):761~763.
- [16] 宋晓岚,王海波,吴雪兰,等. 纳米颗粒分散技术的研究与发展[J]. 化工进展,2005,24(1):47~52.
- [17] 马文有,田秋,曹茂盛,等. 纳米颗粒分散技术研究进展[J]. 中国粉体技术,2002,8(3):28~31.
- [18] 陈中华,余飞,张大亮. 纳米二氧化硅水性浆料的研制

[J]. 涂料工业,2007,37(7增刊):12~21.

收稿日期:2008-06-03

(上接第38页)高或太低;喷涂底漆的方法不当,底漆未充分干燥;油漆的黏度不适当,所使用的稀料型号不对或质量太差,压缩空气的压力太高;漆膜太厚;相邻两层漆膜之间存在内应力。

预防方法:认真地清洗准备喷涂的基底表面,并用干净布将表面揩干;在钢或铝基底表面一定要使用正确的金属表面处理剂,基底处理后30min内应开始喷漆,以防基底表面生锈;喷涂前,要对基底表面进行打磨处理,并且要注意将所有磨屑清理干净,喷涂和干燥过程中,要保证表面处于所推荐的温度范围,使用正确的工艺喷涂底漆,要保证底漆充分固化后才可继续喷涂面漆;用推荐型号的稀料,将油漆稀释到正确的黏度范围。在保证油漆能够充分雾化的前提下将压缩空气的压力尽可能调低;每次喷涂的漆层要薄而湿;使用同一油漆厂商生产的配套产品。修补方法:将剥落的漆膜清除,清理底面,然后重新喷漆。

#### (2)漆面半光模糊状态及有打磨痕迹

这些质量缺陷是由于面漆被底漆吸收而导致的,其主要原因是:对多孔基底表面预涂底漆封闭不好;底漆喷涂方法不当;底漆表面处理不当,打磨方法不当;未等底漆完全硬化即喷涂面漆,面漆厚度不够。

预防方法:正确地处理底漆表面;底层厚度要适当,按比例使用推荐的稀料,使用前要充分搅拌;等底漆完全硬化后,再对其进行打磨,使用适当细度的砂纸,打磨后的表面要平整、光滑;喷涂足够厚度的面漆,每道面漆要薄而湿。处理方案:等漆膜完全硬化后,磨平,再抛光,情况严重时,将缺陷部分磨平,重新喷漆。

#### (3)漆膜出现较多细小孔洞

这种质量缺陷主要是油漆被吸入基底的孔洞内,其主要原因是:玻璃钢表面有气孔,基底表面处理或封闭不当;原子灰或填眼质量太差;原子灰混合不均匀,原子灰或填眼灰的施工方法不正确。

预防方法:喷漆前,将基底的温度升高以排出材料气孔中的空气。基底表面的温度不得超过80℃;用原子灰或填眼灰填补基底表面上的针孔,局部喷上底漆并打磨,然后再将基底表面喷上底漆;只使用推荐材料;原子灰分多次施工,每一层要薄而均匀,要充分硬化后再涂新的一层或进行最后的打磨处理。

收稿日期:2008-07-09