

# 绿色涂料与新型粉末涂料和 涂装技术的发展

孙先良

(上海化工研究院, 上海 200062)

**摘要:** 新型粉末涂料正在向改性化、涂膜薄层化、低温固化、耐候高性能化方向发展。涂装技术正在向新工艺、新技术、快速固化、复合化方向发展, 并向金属、非金属材料、木材、塑料等应用领域扩展。介绍了其发展趋势, 对今后的发展提出了建议。

**关键词:** 涂料; 涂装; 专用化; 复合化; 改性化

中图分类号: TQ63

文献标识码: C

文章编号: 0253-4320(2003)06-0006-04

## Development of green coatings, new type of powder coatings and new painting technology

SUN Xian-liang

(Shanghai Research Institute of Chemical Industry, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** The new type of powder coatings' development direction is being oriented to modification, thin layer, low temperature curing, and high weather resistance. The direction of painting technology is to develop new techniques of quick solidification and composition, and expand to metal, nonmetal, wood and plastic material fields. The development trend is introduced, and some suggestions are proposed.

**Key words:** coating; painting; specialization; composition; modification

### 1 绿色涂料、粉末涂料和涂装技术的发展现状

#### 1.1 绿色涂料与粉末涂料的发展

##### 1.1.1 绿色涂料的研究方向

当前, 绿色涂料主要研究的问题有以下几个方面:

(1) 从涂料工业的源头上消除污染, 而不是在末端处理。对溶剂型涂料来说, 应当严格禁止使用已在外国有明确规定的有害、有毒溶剂和物质。应当大力发展无毒、无害溶剂的新型涂料。如水性涂料、粉末涂料、无毒溶剂的新型涂料, 应当作为绿色涂料的主要发展方向和重点产品。

(2) 合成方法应具有“原子经济性”, 即尽量使参加反应过程的原子都进入最终产物。如涂料加工、树脂合成、颜料反应、填料生产等都应当消除“三废”, 或加以综合利用, 将一个反应排出的废物作为另一个反应的原材料。即使是绿色环保型的粉末涂

料, 也应当在应用过程中, 将废粉回收并加以综合利用。

(3) 在合成方法中尽量不使用和不生产对人类健康和环境有害的物质。如在树脂、溶剂、添加剂、助剂、颜填料等中应当将含苯、甲醛等和含砷、镉、铬、铅、汞等有毒物质加以消除, 并以无毒物质加以替代之。

(4) 设计具有高利用率、高效率、高性能、低污染的新型涂料。这就需要大力开发适应各行各业、不同用途、资源利用率高的涂料新品种, 以满足人们对各种涂料的需求。

(5) 尽量不用有害、有毒的添加剂。如水性涂料、粉末涂料中大多采用无毒、无害添加剂。

(6) 发展实时分析技术, 以便及时监控有害、有毒物质的形成, 并采取有效措施, 加以消除。

(7) 合适地选择参加化学反应过程的物质, 尽量减少发生意外事故的风险。如不断开发防火、防爆

型的新型涂料,以便在生产、运输、贮存以及使用中减少发生意外事故风险的功能型新品种。

### 1.1.2 粉末涂料的技术发展

作为绿色涂料的新型粉末涂料正在朝着涂膜薄层化、低温固化、无毒固化剂和助剂、耐高温、耐候、耐腐蚀,用于非金属材料的粉末涂料、传统粉末涂料改性等方向发展。

## 1.2 涂装技术的发展

在粉末涂装技术上,向玻璃喷涂柜(室)、电磁刷涂装新技术、粉末云新技术、粉末预带电新技术、快速换色、快速固化新技术方向发展。

### 1.2.1 电磁刷涂装新技术

电磁刷技术是由一个完整的磁刷台和一个待涂层材粘附其上的磁鼓所组成。当静电场开通时,随着待涂底材通过磁刷于其上,涂以粉末,使底材多次通过磁刷,可获得较厚的涂层。该工艺不适宜用来直接涂装铁磁性底材,但这种底材可通过引入转移步骤来涂装,即用一转移圆鼓使粉未经加热或带静电后由其上再转移到磁性底材上。目前已成功地将聚酯/TGIC 白色粉末涂料,施工于铝箔底材上,而且已将紫外光可固化的粉末涂料应用于卡纸和全色印刷。

### 1.2.2 电场云涂装新技术

该项新技术是采用空气吹动的粉末涂料送入2个垂直方向排列的电极之间,使粉末涂料带电,使通过电极之间的被涂工件吸附着粉末涂料而完成涂装的涂粉过程。

该项新技术的带电方式与电晕放电电荷和摩擦荷电不同,是在电场中使粉末带电的方法。其特点是使用低电压,电容量高、均匀施加电压。因此它比静电喷枪的喷涂效率高、涂着粉末致密,可获得薄而平整的优良涂膜表面。

该法优点是涂料使用效率高,比喷涂法可少用1/3~1/2的粉末,且容易获得薄而平整的涂膜,涂膜外观好,设备成本低,占地空间小,施加电压低,棱角部位不会出现涂膜过厚现象。缺点是不能适应大型被涂工件的涂装。

### 1.2.3 复合涂装技术

#### (1)热喷铝/聚酯/TGIC 复合涂层系统

将热喷铝在喷涂表面上进行处理,然后将聚酯/TGIC 粉末涂料喷涂在其上面,从而形成热喷铝/聚酯/TGIC 涂层系统。这样,使涂层系统既能使铝涂层作为阳极保护钢铁基体,又使聚酯/TGIC 粉末涂层耐候性能良好,以便在苛刻的环境中使用,使涂层

具有良好的耐腐蚀性能。该涂层系统已经过美国严格测试,它的耐蚀性能获得了美国海军司令部的认可和特许,已用于海上及船上设备涂装。

#### (2)阴极电泳漆/丙烯酸粉末涂层系统

丙烯酸粉末涂料具有优异的户外耐久性。阴极电泳漆优点是涂膜均匀一致,覆盖完整,耐蚀性好。2种涂层复合,可利用各自的优点,获得综合性能优良的涂层系统。这2种涂层相结合已在美国得到工业化应用。

阴极电泳漆/丙烯酸粉末涂层耐蚀性好,根据美国 ASTM B 117 标准进行盐雾试验,该涂层系统至少可耐盐雾试验 1 500 h,保光性好。该涂层经过连续 900 h 紫外光照射后,仍可保留至少 40% 光泽。该涂层系统用于户外,已有 7 年的保证期,主要用于室外照明设备、家用电器、户外设施、汽车涂装等。

### 1.2.4 近红外新技术

德国工业服务公司新开发的一项近红外新技术使粉末涂料在几秒钟内能迅速干燥和固化。由于该项新技术可使底材受热极大降低,因而它可应用于木材和塑料之类热敏感材料的粉末涂装。

它所采用的红外波长为 0.76~1.2  $\mu\text{m}$ ,用作热源的卤素灯丝工作温度达 3 500 K。由于该项新技术的辐射密度和深度高,所以只需几秒钟即可使涂层均匀加热到固化温度。值得注意的是达到固化所需的升温,只需约 5 s。因此,在涂层均匀分布于底材之后,粉末固化反应即开始。为使粉末完全固化,使底材温度再保持几秒钟,降温后涂层则完全被固化。而对聚酯和混合型 2 种粉末涂料可在 5~10 s 内固化。

### 1.2.5 其他粉末涂装技术

(1)德国 Wagner 公司可完全利用回收粉末,而且采用一个全闭路空气流监测系统,该系统较之传统体系大大降低了波动,涂膜厚度也可在烘烤前采用激光光束测定,并加以监控。

(2)Eisenmann 公司推出的玻璃粉末喷涂柜(室)代替传统的塑料或金属喷涂柜是涂料应用中近年来的又一革新。玻璃喷涂柜的优点是因其不带静电荷而不太吸引粉末,它因超光滑而较易清洗,其透明性更给予良好的目视操作功能。

(3)诱导加热固化是快速固化的又一新技术。它是通过将金属底材暴露于一类变电场中来实现加热的。诱导电流的穿透深度和待加热区的范围是交变电磁场的频率对待加热底材的比电阻函数,表面的加热与底材内部冷却效应需平衡,以使过多的热

量不传入制品的主体,而是为表面的辐射所导致热损失而获得平衡。一个传统烘烤炉约占 200 m<sup>2</sup> 加热区,而诱导固化区仅占 0.5 m<sup>2</sup>,且周期约为 17 s。

## 2 新型粉末涂料的发展趋势

### 2.1 专用化

#### 2.1.1 马路划线专用粉末涂料

近年来,国外已采用一种热塑性粉末涂料代替马路划线漆。这种专用粉末涂料采用 EVA 塑料乙烯-乙酸乙烯共聚物作为基料,配以颜料、填料、助剂,经混合、挤出、低温粉碎而成。其涂装施工采用火焰喷涂,施工方法简单,喷涂后可省去养护期,而且涂层坚韧耐磨,具有立体感,美观醒目,耐候性极佳,使用寿命可比传统马路划线漆延长 3~5 倍。

#### 2.1.2 抗涂划专用粉末涂料

Houston 公司 O'Brien 粉末生产厂开发成功抗涂划专用粉末涂料。它对涂层的主要要求是能耐污染,并在用溶剂擦洗掉乱涂划污染后,仍能保持其光泽。另一个要求是户外耐久性良好。因此,它是一种抗污染、耐紫外光的聚酯/聚氨酯粉末涂料。对于擦除笔造成的涂划污染,用干布擦几下即可擦除。

#### 2.1.3 新型粉末涂料低温快速固化

德国工业服务公司新开发一项近红外新技术,能使粉末涂料在几秒钟内迅速干燥和固化,它适用于木材和塑料之类热敏性材料的粉末涂装。

Ferro 公司的粉末涂料可以涂敷在较为热敏的塑料基体上。其粉末压印生产线,可将粉末喷到聚酯-玻璃纤维模具上。当加热模具时,就固化了聚酯-玻璃纤维复合材料,同时,粉末涂料熔融,并涂敷到塑料上,此技术已成功地应用于生产射流撬上。

莫顿国际公司(Morton Internation Inc,后被罗门哈斯收购)生产颗粒板和中密度纤维板等工程木基体用的涂料。该公司 Lamineer 涂料生产线也生产低温固化和某些热与辐射固化混合的涂料。这种低温固化的粉末涂料性能稳定,一般不需要额外维护。

汽巴专用化学品公司 Tinuvin III FD 涂料是 2 种空间位阻胺掺混物。它不但能改进光稳定性,而且还保可持粉末涂料涂膜的光泽。同时,可使粉末涂料形成良好的薄涂膜。另外,紫外线固化的粉末涂料解决了基体在强热下可能变形的问题。这种粉末涂料在辐射固化时仅需 0.7 s 就能迅速固化成膜。

#### 2.1.4 新型粉末涂料涂膜薄层化

PPG 公司开发的 Enviracry 1 粉末涂料为宝马公

司(BMW)的 5 系列与 7 系列轿车涂装,效果颇佳,现已在欧洲、北美上市。这种粉末涂料透明,可以像水浆似的喷涂。

美国微粉公司(MPI)开发出品种繁多的微细粉末涂料,用于木材涂装和表面着色。

### 2.2 复合化

#### 2.2.1 复合粉末涂料

复合粉末涂料是将特殊的热固性环氧树脂粉末涂料与特殊的热固性丙烯酸树脂粉末涂料混合而成的。将这种复合型粉末涂料涂装在牌号为[SPCC(PB-3118)处理过]铁基材上,经 180℃ 烘烤固化。当烘烤温度为 100℃ 时,丙烯酸层与环氧层开始分离,铁红色的环氧粉末液流向铁基底,蓝色的丙烯酸涂液流向气相侧,在 155℃ 左右分离终止。然后,在 20 min 后形成充分固化的复合涂层。该复合涂层的优点是只需一次涂装,一次固化。在铁质基底一边是防腐性环氧涂层,在接触大气侧即为高耐候性的丙烯酸涂膜。

#### 2.2.2 P/P 型粉末涂料

利用复合粉末涂料的基本技术,开发的新型涂装体系 Powder on Powder(简称 P/P 型粉末涂装)是先涂装环氧粉末涂料,然后在其上涂装丙烯酸粉末,最后将 2 层粉末一起一次性加热固化。

与前述的复合粉末涂料相比,虽然涂装工艺增加一次,但比通用的粉末涂料工艺节省一次固化工序。前者适用于铁质底材,而后者则适用于其他基材。因此,复合粉末涂料与 P/P 型粉末涂料是迄今为止既可减少工艺,又赋予耐久性的新品种。它代表了适应环保要求,又可节省能源的粉末涂料发展的新趋势。

### 2.3 改性化

#### 2.3.1 聚酯/丙烯酸粉末涂料

以羧基聚酯和缩水甘油基丙烯酸树脂为基础的混合型粉末涂料,可替代含有毒、有害物质 TGIC 的 PES/TGIC 粉末涂料。聚酯/丙烯酸粉末涂料具有优良的机械性能,贮存性能稳定,耐黄变性好,在固化时无挥发物质产生。

#### 2.3.2 环氧/丙烯酸粉末涂料

以环氧树脂的环氧基与丙烯酸树脂基为反应基团的混合型粉末涂料,可以弥补环氧树脂耐老化性差,丙烯酸树脂的机械性能较差的缺点。在涂膜硬度、耐化学性、耐污染性等方面都优于聚酯/环氧混合型粉末涂料,其耐候性有更显著的优势。该涂料也是聚酯/环氧粉末涂料的一种改性产品。

### 2.3.3 改性粉末涂料

采用苯乙烯和烯丙醇的共聚物(SAA共聚物)用作封闭异氰酸酯或甘脲固化剂交联的聚氨酯粉末涂料的拼混剂。其玻璃化转变温度高于60℃,羟基值(KOH)约210 mg/g,而熔融黏度低于传统聚酯。与丙烯酸多羟基化合物不同,这类SAA共聚物与传统聚酯有良好的相容性。因而可有效地利用它来改变涂料加工性和其他特性,又不致于产生树脂不相容性的问题。

由于SAA共聚物是每个聚合物有5~7个羟基多官能团树脂,因此它能提高聚氨酯粉末涂料的交联密度,使耐化学性和耐水解性获得改善,同时可提高涂膜的平整度和耐溶剂性。

## 3 建议和意见

### 3.1 大力开发适应市场需求的绿色粉末涂料新品种

当前,我国城市道路和高速公路发展迅猛,1988年我国高速公路实现零的突破。10年后的1998年已超过日本,达到6258 km。有专家预测,未来20年我国高速公路将四通八达,总长为3.5万 km,增长约6倍。因此,大力发展高速公路护栏杆、隔离栅、超耐候粉末涂料新品种,大力发展交通标识粉末涂料以及马路划线粉末涂料将大有发展前景,市场十分看好。

### 3.2 大力发展新型粉末涂装新技术和新装备

新型粉末涂料的开发必须与新型涂装技术相结合,才能充分发挥粉末涂料新产品的优势。如电场云技术的研究开发,可使粉末涂料用量节省30%~

50%,从而大大降低粉末涂装成本,提高资源利用率。同时,它不仅能使涂膜实现薄层化,而且可使涂膜平整,表面外观优良。因此,电场云新技术的开发利用可以克服普通粉末涂料涂膜普遍过厚的老大难问题,从而可消除外观不如溶剂型涂料的缺点。这样,可使粉末涂料优点更加突出、竞争力更大、应用领域更为广阔。

诱导加热快速固化技术开发成功,将大大缩小固化炉的加热面积,只需0.5 m<sup>2</sup>就可代替传统固化炉200 m<sup>2</sup>面积,因此可大大节省能源。建议高等院校、科研院所大力研究开发这些新技术。

### 3.3 大力提高企业产品质量意识、绿色环保意识和国际标准化意识

欧美发达国家对涂料中的VOC和有害、有毒物质都有严格的规定和要求,发布了一系列法令和法规。我国涂料行业在这方面尚有较大的差距,并时有发生溶剂型涂料在施工中发生中毒事件。因此建议有关部门应当加强管理和监测,对涂料企业实现许可证制度,加强产品质量意识、环保意识、国际标准化意识。

### 3.4 加强粉末涂料科研、生产、应用一条龙协作

使粉末涂料与涂装技术相结合,更好地完善配方研究和生产,更好地改进涂装技术,更好地适应不同领域、不同工件的需求。为此,建议开展大协作,大联合,从协作中加快新产品的开发和应用,这样将有利于我国绿色涂料的快速发展和提高涂装技术水平。■

## 通 知

由中国非金属矿工业协会等部门主办“广州粉体和粉体装备技术展览会”原定于2003年5月21~23日在广州市锦汉展览中心举办,由于目前国内非典型肺炎疫情影响,决定将“广州粉体和粉体装备技术展览会”暂定延期至2003年7月16~18日,在广东国际贸易大厦(广交会馆7、8号门正对面)召开,敬请参展参观商留意!不便之处,请多见谅,谢谢!

2003年中国(广州)粉体和粉体工业装备技术展览会

广州市今科展览服务有限公司

电话:020-87541558 传真:020-87577283

2003年4月30日