

耐候型聚酯粉末涂料的研究进展^{*}

施奇武¹ 郭 刚^{1,2} 颜家振¹ 黄婉霞¹ 涂铭旌¹ 李 峙³

(1. 四川大学材料科学与工程学院, 成都 610064; 2. 四川大学化学学院, 成都 610064;

3. 南京军事代表团驻济南地区军代室, 济南 250031)

摘要 针对户外用粉末涂料的老化, 介绍了国内外耐候型聚酯粉末涂料的研究进展。阐述了其目前在树脂合成与改性、固化体系和固化剂选择及添加特殊助剂等方面的发展方向, 并简要分析了其抗老化机理。指出作为粉末涂料的主要组成物质, 聚酯和固化剂的性能对粉末涂料的耐候性起着至关重要的作用, 同时添加纳米粒子改性粉末涂料也是提高其耐候性的一种新型有效的方法。

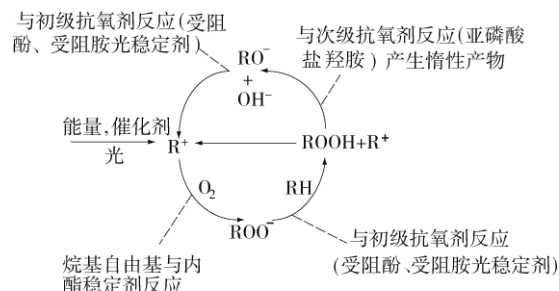
关键词 聚酯粉末涂料 耐候性 老化 树脂合成和改性 固化剂 纳米粒子

粉末涂料与传统的溶剂型涂料不同, 是既不含有机溶剂 (VOC) 也不含水的固体粉末, 被广泛应用于家电、汽车、办公用品、钢材和建筑领域。粉末涂料以其高无机成分、无污染及节省能源等优点正在逐步取代传统的溶剂型涂料。随着科技的进步及市场的发展, 粉末涂料的应用越来越受到关注。据 Chemark 咨询集团分析, 10 年来粉末涂料的市场消费价值提高超过 1 倍, 达到 45.47 亿美元^[1]。

户外用粉末涂料根据其树脂基料的不同, 分为热固性和热塑性两大类, 其中又以热固性为主。目前一半以上的热固性粉末涂料的生产是利用聚酯树脂作为基料的重要组成部分。户外用粉末涂料的大量使用对粉末涂料的性能提出了较高要求, 主要集中在耐候性、耐酸和耐水性等方面。笔者现就耐候型聚酯粉末涂料的研究进展作一综述。

1 粉末涂料的老化

暴露在户外的粉末涂料会因多种因素的影响而发生老化降解, 这些影响因素包括太阳光照射、湿气、污染物 (如酸雨) 和温度的变化。一般认为在大多数情况下, 由太阳光照射引起的光致氧化降解是涂层老化失效的主要因素^[2]。随着降解过程的进行, 老化层出现裂纹, 使材料脆化, 力学性能会下降, 从而缩短其使用寿命。粉末涂料在老化过程中还会出现光泽度下降、黄变、粉化等外观变化, 影响其装饰性能。因此粉末涂料在户外使用时必须能有效抵抗各种环境因素的老化影响。一般说来, 聚合物老化及其稳定化的机理^[3]如图 1 所示。



———降解途径; - - - - -稳定途径

图 1 聚合物老化及其稳定化的不同途径

2 耐候性提高方法

近年来, 国内外对提高聚酯型粉末涂料的耐候性有较多研究。一般方法是从粉末涂料的配方组成出发, 研究树脂、固化剂、助剂、颜料等的品种、用量、颗粒性质等对粉末涂料耐候性的影响。主要通过合成耐候型基体树脂、对树脂进行改性、选择合适固化剂和添加有机紫外吸收剂、光稳定剂等技术手段来延长粉末涂料的户外使用寿命。

2.1 树脂合成与改性

在户外自然老化条件下, 研究聚酯基体的降解机理是开发高耐候型聚酯的关键。一般认为聚酯粉末涂料中苯环、醚等不稳定结构在紫外线及有氧情况下容易发生裂解, 导致涂膜黄变, 因此要合成耐候性好的聚酯涂料应尽量避免出现这些结构。影响聚合物性质最重要的因素是玻璃化转变温度 (T_g) 和分子量, 对于聚酯粉末涂料, 当 T_g 在 328 ~ 338 K、分子量在 3000 ~ 4000 时具有较佳的性能^[4]。

粉末涂料用聚酯通常由芳香族羧酸聚合而成, 主要是对苯二甲酸 (TPA) 和间苯二甲酸 (IPA)。TPA 具有高 T_g 、价格适中等优点, TPA 含量较高的树脂具有较好的力学性能, 但耐候性较差; 而 IPA 含量较高的树脂有较好的耐候性, 但力学性能较差。

针对使用 IPA 合成聚酯提高耐候性时涂膜力学性能下降的问题, 一种方法是使用半晶态和无定形聚酯的混合物^[5-6], 但是这样又会增加原材料消耗及生产成本。Bayer 公司^[7]在用 IPA 合成的聚酯物料中加入少量脂肪族或脂环族二羧酸及一种或多种脂肪族多羟基化合物 (如新戊烷乙二醇和 1, 4-丁二醇), 由此制得的粉末涂料涂层表面良好, 具有优良的力学性能和耐候性。另外, 为了得到综合性能优异的树脂, 也可以适当调节 TPA 与 IPA 的比率^[8]。D. Maetens^[9]在聚酯合成过程中, 使用 IPA 适当替代 TPA, 由此制得的粉末涂料耐候性得到较大改善, 其改性前后的暴晒试验结果如图 2 所示。

^{*} 四川省科技攻关计划资助项目 (2006Z08-001-6)

收稿日期: 2007-12-23

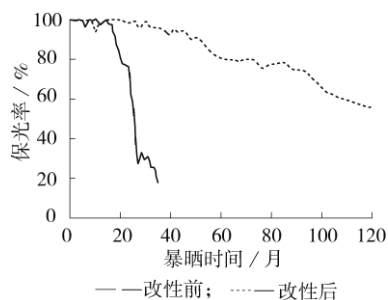


图2 TPA/IPA型粉末涂料在佛罗里达的暴晒试验

使用聚酯时,经常使用TPA作为主要的聚羧酸组成物,为了保证储存性能,树脂的 T_g 必须足够高,但是使用这种聚酯的粉末涂料涂膜耐候性较差,Nippon Ester公司^[10]提出使用IPA作为酸性组成物,制得的粉末涂料虽然耐候性有所提高,但是对涂层力学性能有负面影响,只能用于对力学性能要求不高的特殊场合。Dainippon Ink and Chemicals公司^[11]提出了一种聚酯的合成方法,其聚酯合成物中含有一种羧基酸性组成物和一种晶态聚氨基甲酸乙酯。用此原料制得的粉末涂料在保证涂层力学性能的同时,耐候性也有大幅提高,经过1000 h QUV-B人工老化机加速老化后保光率为90%~98%,相同条件下传统粉末涂料的保光率只有不到60%。

采用新的组分代替TPA/IPA体系来合成聚酯也可以达到改善其粉末涂料耐候性的目的。Eastman Chemical公司^[12]选用二甲基萘烷己二酸和新戊(烷)基己二醇合成基料树脂,并另外使用多元酸或多元醇来改性这种树脂,制得的脂肪族聚酯平均分子量为1500~10000, T_g 为45~100℃,满足基本的 T_g 要求,且能赋予粉末涂料优良的耐候性能。PPG Industries Ohio公司^[13]使用一种由脂环族成分与多官能团异氰脲酸酯反应制得聚酯多羟基化合物,再将它与一种新型含有多官能团异氰酸酯化合物的固化剂组成新型成膜体系,制得的粉末涂料的耐候性和储存稳定性(即防止粉末颗粒在一定温度和湿度环境下的团聚)均大幅度提高。用新戊二醇(NPG)和TPA合成的聚酯已用于粉末涂料生产中,聚酯也可以用IPA和NPG制得。与TPA/NPG相比,IPA/NPG体系具有更好的室外持久性,但柔韧性和耐冲击性能低, T_g 为55~65℃,这种树脂是脆性的,易于粉碎,粉末具有好的储存稳定性^[14]。

通过改变合成树脂来获得性能优异的粉末涂料一般工作量较大,且新合成的树脂在提高耐候性的同时,容易发生其它方面性能下降的现象。针对这个问题,很多学者提出引入其它有机树脂来改性聚酯,这样可以将几种树脂的优点结合起来,相互弥补,获得耐候性和力学性能优异的粉末涂料。Shell Oil公司^[15]提出利用环氧树脂(EP)改性聚酯,从而制得一种高耐候性聚酯粉末涂料,通过改进无芳香族或低芳香族成分的EP,使之能与无芳香族或低芳香族成分的聚酯反应,生成含有环氧官能团的聚酯。这种改性粉末涂料经QUV-B人工老化机老化测试1000 h,保光率可达97%,色

差不超过0.2;而相同条件下的未改性粉末涂料的保光率仅为30%,色差值达到3.0。Korea Chemical公司^[16]使用丙烯酸改性聚酯。首先用一种酸类混合物和醇类混合物反应,制备端羟基聚酯前聚物,然后将丙烯酸单体与含羧基官能团的酸性丙烯酸单体进行溶液聚合,制备丙烯酸树脂,再将上述两种物质以恰当的比例进行反应即可。用这种丙烯酸改性聚酯制得的粉末涂料兼有聚酯粉末涂料和丙烯酸粉末涂料两者的优点,具有良好的耐候性和力学性能。范宏等^[17]利用有机硅中间体合成了有机硅改性聚酯树脂,研究发现改性聚酯中的有机硅在表面富集,大幅减小聚酯的表面张力,提高了粉末涂料的涂膜耐候性。相对于纯聚酯,有机硅质量分数为1%的改性聚酯粉末涂料经216 h中波紫外线照射后,涂膜的保光率从81%上升到91.3%。

2.2 固化体系及固化剂的选择

与溶剂型涂料不同,粉末涂料的固化是在熔融态下进行的,要求温度较高,一般在180℃(基材温度)、20 min以上才能得到固化良好的涂膜^[18],而固化过程直接决定着涂膜的流平性、粘附性、光泽度、耐化学药品性、耐候性等性能^[19]。韩要星等^[20-21]采用改进型差示量热分析仪和热重分析仪联用分析了粉末涂料的固化行为和固化程度。研究表明,固化过程的后阶段对提高粉末涂料性能具有重要意义。

聚酯粉末涂料的固化剂多种多样,可以通过采用不同的固化剂配制物理性能和耐化学药品性不同的粉末涂料。目前耐候性聚酯粉末涂料的涂装主要采用异氰脲酸三缩水甘油酯(TGIC)作为固化剂,TGIC的3个环氧官能团提供了足够的活性,而稳定的三环结构保证了良好的耐热和耐候性能。TGIC固化剂的特点是固化反应时没有副产物产生,涂膜烘烤时耐泛黄性好,涂膜耐候性等综合性能也很好。但是考虑到TGIC的毒性,研究环境友好型固化剂代替TGIC的呼声越来越高。

目前TGIC的新型替代品有羟烷基酰胺(HAA)、多元酸缩水甘油酯(GPA)、恶唑啉、羟基聚酯/甘脲、聚酯/甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA)等。各种替代品用于粉末涂料的效果不同^[22],其比较结果如表1所示。

表1 不同TGIC替代品的性能比较¹⁾

种类	项 目				
	毒性	反应活性	用量	储存稳定性	耐候性
TGIC	1	2	2	1	1
HAA	5	2	1	4	2
GPA	2	4	3	1	2
恶唑啉	1	1	2	1	2
羟基聚酯/甘脲	1	4		5	1
GMA	4	3		1	2

注:1)“1~5”表示程度的大小,“1”最大,“5”最小。

在众多TGIC的替代品中,HAA体系以环境友好且经济而引起人们的关注。HAA固化剂是一种白色结晶粉末,熔点为110~120℃,羟值为81~85 mg KOH/g,这种四羟基官能团的固体化合物用于含羧基聚酯的交联,可配制出耐候

性更佳、无毒、无生物突变的新型粉末涂料。目前国内外都在研究开发这种新型固化剂,其代表性产品有美国 Rohm and Hass 公司推出的 Primid XL 552 和 PL 1174。HAA 固化剂除了无毒性外,其固化温度比 TGIC 体系低,用量比 TGIC 少,所制粉末涂料的储存稳定性也比 TGIC 体系好^[23],但其缺点是固化反应有水分等副产物形成,涂膜过热烘烤耐泛黄性和耐候性不如 TGIC 体系^[24-25]。最近 EMS 公司相继推出了一种 Primid 系列的改进产品——含 β -羟丙基衍生物的 Primid QM 1260 和低官能度改进产品 Primid SF 4510,极大地改善了粉末涂料的耐热、耐候和耐水解性能。据报道^[22],采用结构如图 3 所示的双官能团羟烷基酰胺固化剂和 Primid XL 552 并用可以显著改善粉末涂料的过热烘烤耐泛黄性能。

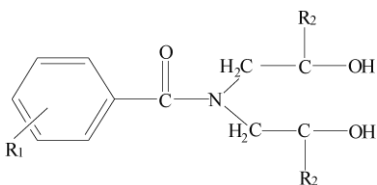


图3 双官能团羟烷基酰胺固化剂

2.3 颜料和填料的选择和使用

颜料和填料是粉末涂料的必要成分。颜料赋予涂料色彩、遮盖力、力学强度和特殊功能,而填料的着色力和遮盖力差,主要起填充、补强的作用。将颜料和填料均匀分散在成膜物树脂中,在涂层中与之紧密结合以保证涂层的整体性,其耐候性能的好坏将对涂层的耐候性产生直接的影响。

目前主要使用的白色颜料是钛白粉。其中金红石型钛白粉吸收紫外光的效率是锐钛型的 5~7 倍,足量的金红石型钛白粉可有效吸收紫外光,从而防止聚合物因紫外线照射而老化,钛白粉的分散性越好,涂膜的耐候性也就越好。现在主要的钛白粉厂家采用 Al_2O_3 、 SiO_2 、 ZrO_2 等表面包覆来进一步提高钛白粉的耐候性, Al_2O_3 的主要作用是提高产品的抗粉化和保色性, SiO_2 则提供长期的耐候性^[26]。

添加合适的颜料可以提高涂层抗老化性能,但颜料的用量并不是越多越好,甚至用量超过一定范围后,涂层抗老化性能反而下降;颜料的种类不同,涂层的抗老化性能也有所差异。K. Kazato 等^[27]在聚酯粉末涂料中分别加入体积分数为 10%、30% 的金红石型钛白粉和体积分数为 10% 的单偶氮红色颜料,通过一系列人工加速老化和户外暴晒老化试验后进行拉伸性能测试。研究发现,在碳弧灯加速老化条件下,未加颜料的样品在 180 h 后断裂伸长率下降明显,600 h 后样品完全失效,而添加颜料的样品在开始的 180 h 内均明显下降,而在 180~600 h 阶段保持稳定;同时,添加不同颜料的样品在老化后的断裂伸长率大小依次为:10% 的金红石型钛白粉 > 10% 的单偶氮红色颜料 > 30% 的金红石型钛白粉。

填料是聚酯粉末涂料的重要组成部分之一,它可以节省粉末涂料成本并提高涂膜的一些力学性能。在粉末涂料中常用

的填料包括 BaSO_4 、 CaCO_3 和云母粉等。填料的种类不同,其密度、硬度及粒度分布等物理性质也不同,这会影响到粉末涂料的反应活性和熔体粘度,并最终影响到涂膜的流平性、光泽、耐候性、耐冲击性和硬度等性能。南仁植等^[28]分别选择沉淀 BaSO_4 、消光 BaSO_4 、轻质 CaCO_3 、消光重质 CaCO_3 、超细高岭土、滑石粉和云母粉作为填料,对聚酯/环氧粉末涂料体系和涂膜性能进行比较,通过老化过程中的色差分析发现 CaCO_3 的品种对涂膜色差的影响比 BaSO_4 小很多;以 BaSO_4 为填料,随着 BaSO_4 用量的增多,涂膜色差变小,但其不同用量对涂膜色差影响程度较小。开发新型颜料和填料用于粉末涂料中提高其耐候性也是一个新的发展方向。Toda Kogyo Corp Nippon Paint 公司^[29]研制出一种具有优异红外反射能力的热屏蔽颜料。该颜料平均粒径为 0.1~1.0 μm ,组成包括被烷氧基硅烷或其衍生的有机硅包覆的白色无机颜料颗粒和炭黑颜料,用以增强与涂料基料的附着力,该颜料的红外反射系数为 81.3%,并具有良好的耐光性。

由于粉末涂料成分复杂,在添加不同颜料和填料提高粉末涂料性能时,必须充分考虑粉末涂料不同成分之间的相容性。

2.4 添加特殊助剂

助剂是一大类用量很少却能改变涂料某种性能的添加剂。粉末涂料中添加的助剂按照其功能不同,可分为流平剂、增光剂(消光剂)、安息香和抗老化助剂等。

目前粉末涂料中使用较多的流平剂主要有聚丙烯酸酯类和脂肪酸类^[30]。从实际使用可以看出,部分优质的聚丙烯酸类流平剂对涂层耐候性有提高作用;另一方面流平剂在均化涂膜表面张力的同时改善了涂膜的附着力,从而增加了涂层抵抗雨淋、湿气等破坏作用的能力。然而流平剂加入量过多容易浮到涂膜表面,从而降低涂膜的耐污染性能和光泽度。消光剂的使用则对含流平剂的聚酯粉末涂料有良好的分散和助流平作用,适当添加消光剂可以改善涂膜外观,但其添加量超过涂膜质量的 2% 时会降低涂膜的冲击强度。安息香的加入可以促进粉末涂料中水分的逸出,最终起到抑制粉末涂料户外降解失效进程的作用^[31]。

由于光氧化降解是户外用粉末涂料老化的主要原因之一,因此可以加入一定的紫外光吸收剂、抗氧化剂和自由基捕获剂等来减缓涂层的老化^[32]。这种方法在工业生产中使用已经相当广泛,但这类添加剂大多是有机物,如二苯甲酮系、水杨酸酯系等,有一定毒性,且在涂层老化过程中其作用也会逐渐降低,最终失效。近年来,随着纳米材料科学技术的发展,国内外已开始有应用纳米无机填料填充聚合物,从而提高其抗老化能力的基础理论和应用研究,主要是利用某些具有紫外线屏蔽性能的纳米无机粒子(包括纳米级的 TiO_2 、 SiO_2 、 ZnO 、 CeO_2 等)作为抗紫外线添加剂。目前国内已经开始了系统地不同纳米粒子用于提高粉末涂料耐候性的工作。

郭刚等^[33]研究了不同晶型和不同粒径纳米 TiO_2 的紫

外-可见光学特性以及将纳米 TiO₂用于粉末涂料的抗老化改性。通过测试各种 0.05% 纳米粒子水悬浮液的紫外-可见吸收光谱,发现金红石型纳米 TiO₂具有比锐钛型纳米 TiO₂和体相金红石型 TiO₂更加优异的紫外线屏蔽性能;同时金红石型纳米 TiO₂改性粉末涂料的抗紫外性能也大大提高。有关纳米 SiO₂、纳米 Fe₂O₃等用于提高粉末涂料的耐候性也屡见报道^[34-35]。舟山格兰特特种涂料有限公司^[36]发现将纳米 SiO₂、TiO₂、ZnO、Fe₂O₃、CaCO₃等无机纳米材料与粉末涂料各成分一起在球磨机中高能球磨,使无机纳米材料包覆在颜料、填料表面,涂膜的耐候性提高 60%。王其昌等^[37]则提出了一种纳米粉末涂料成分配方(见表 2),其纳米助剂成分由钛、钴、镍、SiO₂及其它有色金属纳米粉充分机械搅拌混合组成,与普通粉末涂料相比,这种纳米粉处理粉末涂料的耐候性、耐腐蚀性和光泽度有明显改善。

表 2 一种纳米粉末涂料的配方

成分	树脂	固化剂	颜料	填料	纳米助剂	其它助剂
质量分数 1%	60 ~70	10 ~26	10 ~26	3 ~10	1 ~10	8 ~10

但是纳米粒子由于具有较大的比表面积和表面能,在使用过程中极易发生粒子团聚从而失去原有功效^[38],因此在利用纳米粒子的紫外光屏蔽性提高粉末涂料耐候性时,提高其在粉末涂料中的分散性相当重要。对纳米粒子进行表面改性可以提高其分散性,即根据需要对粉体的表面进行物理、化学处理,控制其内应力,增加粉体颗粒间的斥力,降低粉体颗粒间的引力,改变纳米粒子的表面结构和状态,赋予粒子新的功能,并使其物性得到改善^[39-41]。

目前对纳米技术用于改性粉末涂料的研究工作既不够广泛也不够深入。至今尚未建立纳米粒子改性高分子材料的科学理论体系。面临的问题主要为纳米粒子的分散、制备高含量的纳米复合材料和降低成本等几个方面。

3 结语

随着户外用粉末涂料需求的大量增加,对其耐候性提出了更高的要求。提高聚酯型粉末涂料耐候性的方法主要涉及基体树脂合成和改性、固化体系及固化剂的选择和添加特殊助剂等方面。作为粉末涂料主要组成物质的聚酯树脂和固化剂的性能对粉末涂料的耐候性起着至关重要的作用。除此之外,大量新的方法也不断涌现,其中添加无机纳米抗老化助剂已成为提高粉末涂料耐候性的一种实用有效的方法。由于粉末涂料组成体系复杂多样,各组分在粉末涂料成膜过程中还存在相互作用和相容性问题,单独研究各组分对耐候性的影响往往与最终使用效果有一定偏差,因此研究各主要成分对粉末涂料耐候性的综合影响是当务之急。

参考文献

[1] <http://www.wjzhan.com/news/shownew/1163.html>.
[2] White J R. Chimie,2006(9):1396-1408.
[3] Pandey J K, et al. Polymer Degradation and Stability, 2005, 88: 234-250.

[4] Agawa T, et al. Polymer Material Science & Engineering, 1999, 63: 833-840.
[5] Moens, et al. US, 6635721 [P]. 2003-10-21.
[6] Light J, et al. US, 4859760 [P]. 1989-08-22.
[7] Stevenson, et al. EP, 1647564A1 [P]. 2000-04-19.
[8] Lwamura G, et al. Paint India, 1999, 31(2): 151-154.
[9] Maetens D. Progress in Organic Coating, 2007, 58(2-3): 172-179.
[10] Tanahashi Y, et al. JP, 09-71738 [P]. 1997-03-18.
[11] Matsumoto A, et al. US, 6710137 B2 [P]. 2004-03-23.
[12] Yeon H C, et al. US, 5464909 [P]. 1995-11-07.
[13] Anthony M C, et al. US, 6294619 B1 [P]. 2001-09-25.
[14] 周韬,等.化工新型材料,2001,29(12):36-38.
[15] Charles J S, et al. US, 6075099 [P]. 2000-06-13.
[16] Kim W S, et al. US, 5405910 [P]. 1995-04-11.
[17] 范宏,等.现代化工,2003,23(6):32-41.
[18] 刘国杰.现代涂料工艺新技术[M].北京:中国轻工业出版社,2000.
[19] Vander L R, et al. Proceedings of the 11th International Conference In: Organic Coatings in Science and Technology [C]. Athens, 1985.
[20] 韩要星,等.涂料工业,2003,33(6):43-45.
[21] 鲁自界,等.腐蚀科学与防护,2000,12(2):117-120.
[22] 王岚,等.上海涂料,2006,44(7):17-20.
[23] Montserrat S, et al. Progress in Organic Coatings, 2006, 55(1): 35-42.
[24] Misev T A, et al. Progress in Organic Coatings, 1998, 34(1-4): 160-168.
[25] Roman F, et al. Progress in Organic Coatings, 2006, 56(4): 311-318.
[26] 刘良登.涂层失效分析的方法和工作程序[M].北京:化学工业出版社,2003.
[27] Kazato K, et al. Metal Finishing, 2000(9): 70-72.
[28] 南仁植,等.涂料工业,2003,33(10):28-31.
[29] H Kazuyuki, et al. JP, 2004010851 [P]. 2004-01-15.
[30] 徐万钧,等.涂料工业,2003,33(11):14-18.
[31] 吴宝同,等.电镀与涂饰,2006,26(1):35-38.
[32] Gerlock J L, et al. Journal of Coatings Technology, 2001, 73: 45-54.
[33] 郭刚,等.四川大学学报:工程科学版,2004,36(5):53-56.
[34] 陈云辉,等.涂料工业,2006,36(11):22-25.
[35] 徐锁平,等.云南大学学报:自然科学版,2005,27(3A):159-162.
[36] 左美祥,等. CN, 1548481 A [P]. 2004-11-24.
[37] 王其昌,等. CN, 1544540 A [P]. 2004-11-10.
[38] Jesionowski T, et al. Applied Surface Science, 2003, 205(1-4): 212-224.
[39] 林安,等.材料保护,2002,35(11):6-7.
[40] Thostenson E T, et al. Composites Science and Technology, 2005, 65(3-4):491-516.
[41] 崔黎黎,等.材料导报,2006,20(6):5-7.

RESEARCH ADVANCE IN WEATHER DURABLE POLYESTER POWDER COATING

Shi Qiwu¹, Guo Gang^{1,2}, Yan Jiazhen¹, Huang Wanxia¹, Tu Mingjing¹, Li Zhi³

(1. College of Materials Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 2. College of Chemistry, Sichuan University, Chengdu 610064, China; 3. Military Representative Office in Jinan, Nanjing Military Representative Bureau, Jinan 250021, China)

ABSTRACT According to the ageing of outdoor powder coatings, recent developments of weather durable polyester powder coating at home and abroad are introduced. The developing directions such as synthesis and modification of basic resin, selection of curing system and curing agent and employment of suitable additives are discussed. Moreover, the related mechanisms of weather resistance are analyzed simply. As main ingredients of powder coating, performances of polyester resin and curing agent have a vital function on its weatherability. The use of nano-additives is described as a new and effective method for weather durable powder coating.

KEYWORDS polyester powder coating, weather resistance, ageing, synthesize and modification of basic resin, curing agent, nano-additives

欢迎订阅 2008 年《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘

邮发代号 24-42, 24-138 全国各地邮局均可订阅

也可直接通过邮局或银行汇款向《工程塑料应用》杂志社订阅《工程塑料应用》、《化学分析计量》及合订本光盘, 请注明订阅期刊/光盘的名称、收件人、邮编及地址。

《工程塑料应用》国内外公开发行的全国性塑料专业技术类刊物, 月刊, 大 16 开本, 每月 10 日出版。本刊为中文核心期刊, 是中国工程塑料工业协会会刊, 荣获首届、第二届、第三届国家期刊奖等 23 项国家、省部级优秀期刊奖, 入选美国化学文摘(CA)千种表。2008 年定价 10.0 元/期, 全年 120 元。1986 年以来的期刊价目见表 1。欢迎读者来函(附名片) 免费索取样刊。

《化学分析计量》国内外公开发行的全国性分析、计量专业技术类刊物, 双月刊, 大 16 开本, 单月 20 日出版。本刊荣获 5 项省部级优秀期刊奖, 被美国化学文摘(CA)收录。2008 年定价 10.0 元/期, 全年 60 元。创刊号以来的期刊价目见表 2。欢迎读者来函(附名片) 免费索取样刊。

《工程塑料应用》、《化学分析计量》合订本光盘 我社已将《工程塑料应用》自创刊号(1973 年) 至 2007 年底共 35 卷 218 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售; 同时也将《化学分析计量》自创刊号(1992 年) 至 2007 年底共 16 卷 59 期的期刊电子化, 并制成合订本光盘, 现公开发售。分别利用这两种合订本光盘既可按作者、文题、关键词、年、期等分类查阅各期刊已发表的所有科技文章和科技信息的全文, 又可根据读者自定义的关键词进行全文检索, 非常方便、实用。

《工程塑料应用》合订本光盘优惠售价 500 元; 《化学分析计量》合订本光盘优惠售价 150 元。

邮局汇款:

收款单位: 山东省济南市 108 信箱杂志社
邮编: 250031 传真: (0531) 85947355 85878224
电话: (0531) 85878057 85878223 85878278

银行汇款:

户 名: 中国兵器工业集团第五三研究所
开户银行: 济南市工商银行经十一路支行
帐 号: 1602001229014425546

表 1 《工程塑料应用》单册期刊、合订本价格表

年 份	期 数	每册单价 / 元	全年定价 / 元	合 订 本 / 元
1986 ~1989	16	0.825	13.2	19
1990 ~1992	12	1.4	16.8	23
1993、1994	10	2.4	24	30
1995	6	2.8	16.8	23
1996	6	3	18	24
1997	6	3.5	21	27
1998	12	3.5	42	48
1999	12	4	48	54
2000	12	5	60	66
2001	12	5.5	66	78(两本)
2002	12	6	72	84(两本)
2003	12	6.5	78	90(两本)
2004	12	7	84	96(两本)
2005	12	7.5	90	102(两本)
2006	13	8	104	116(两本)
2007	12	9	108	120(两本)
2008	12	10	120	132(两本)
合 计	189		800(优惠)	900(优惠)

表 2 《化学分析计量》单册期刊、合订本价格表

年 份	期 数	每册单价 / 元	全年定价 / 元	合 订 本 / 元
创刊号 ~1998	9	3	27	33
1999	4	3.5	14	60
2000	4	4	16	
2001	6	4	24	
2002	6	5	30	72
2003	6	6	36	
2004	6	7	42	93
2005	6	7.5	45	
2006	6	8	48	108
2007	6	9	54	
2008	6	10	60	60(单册)
合 计	65		350(优惠)	380(优惠)