

不饱和聚酯树脂涂料的研究进展

姚琪, 李玲 (中北大学材料科学与工程学院, 太原 030051)

摘要: 不饱和聚酯树脂(UPR)涂料是发展最早的涂料品种之一, 将UPR作为涂料的成膜树脂不但涂膜性能优良而且成本低廉, 因此UPR涂料在涂料工业中应用广泛。文章就现有各种UPR涂料的研究进展进行回顾。将UPR涂料分为气干性UPR涂料、防污UPR涂料、防火UPR涂料、防腐UPR涂料、绝缘UPR涂料以及低(零)挥发性有机化合物(VOC)排放UPR涂料。分别阐述了各种涂料的特点及其发展现状, 简要叙述了涂料的作用机理, 并对UPR涂料的未来发展趋势和研究方向作出了展望。

关键词: 不饱和聚酯树脂; 改性; 涂料

中图分类号: TQ 633 **文献标识码:** A **文章编号:** 0253-4312(2011)07-0075-05

Progress in Research Unsaturated Polyester Resin Coatings

Yao Qi, Li Ling

(College of Materials Science and Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: Unsaturated polyester resin (UPR) coatings is one of early developed coating varieties. The reasons that UPR is used as the film forming resin of coating are not only for its excellent properties of coating film, but also lower cost. Therefore UPR coatings are widely used in coatings industry. This article has reviewed the research progress in existing various unsaturated polyester resin coatings. Unsaturated polyester resin coatings could be divided into various types, such as air-drying, antifouling, flame-retardant, anti-corrosion, electric insulation and low (zero) volatile organic compound (VOC) coatings. The features and latest development of various unsaturated polyester resin coatings were reported respectively. The mechanisms of coatings were briefly described, and the future development trend and research direction of UPR coatings were presented.

Key Words: unsaturated polyester resin; modification; coatings

不饱和聚酯树脂(UPR)具有高硬度、高丰满度, 耐候性、耐水性、耐油性好, 光泽度高, 电气绝缘性优, 质轻以及价格低廉等优点, 是重要的涂料用成膜树脂之一^[1-3]。但采用通用型UPR制备涂料时存在气干性不良, 防火、防腐、防污性能不佳, 耐热绝缘性能差, 有机溶剂挥发量大污染环境等缺点, 随着生产领域的不断扩大以及人们环保意识的日益增强, 普通UPR涂料已无法适应社会发展的需求。近几十年来对于UPR涂料的改性研究一直是人们关注的热点, 并由此产生出了一系列的UPR涂料品种, 广泛用于家电外壳和家具的涂覆、金属构件的防腐、道路标线的划制、船舶的防污、电子设备的绝缘以及防火器材的阻燃等方面。

本研究介绍现有各种UPR涂料的特点及其发展现状, 并探讨UPR涂料今后的发展趋势和研究方向。

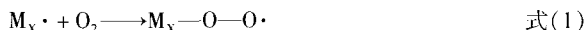
1 气干性UPR涂料

由于UPR涂料常温固化时存在表面氧阻聚问题, 通常涂

膜表面会发粘, 性能较差, 无法满足涂装要求, 因此克服表面氧阻聚已成为UPR涂料亟待解决的问题之一。气干性涂料就是为克服UPR表面氧阻聚问题而研制的一类涂料品种。

1.1 UPR表面氧阻聚机理

UPR表面氧阻聚的机理可以表述为: 在室温下, 氧和树脂体系中的初级自由基发生反应, 会先形成不活泼的过氧自由基, 如式(1)所示。



过氧自由基本身或与其他自由基歧化终止或偶合终止, 有时也与少量单体加成, 形成低相对分子质量的共聚物, 使得UPR的交联固化无法继续进行, 宏观上表现为涂膜表面发粘。

1.2 改善UPR涂料气干性的方法

为克服UPR涂料表面氧阻聚问题, 在此方面的研究从未间断过。目前有薄膜遮盖法、石蜡覆盖法、添加醋酸丁酸纤维素法以及在不饱和聚酯(UP)分子中引入气干性基团等方法。

最早使用的是薄膜遮盖法和石蜡覆盖法。方法是将涤纶薄膜、玻璃等覆盖于涂膜上,隔离空气,或在配制涂料时加入少量高熔点石蜡,使涂料在固化时形成一层薄薄的蜡膜浮于涂膜表面,以隔绝空气。但是前者施工操作繁琐,在涂装结构形状复杂的构件时无法使用;采用后者时,石蜡的加入会使漆膜透明度和层间附着力下降,甚至因局部表面张力降低而产生缩孔等弊病^[4]。为克服上述缺点,发展了醋酸丁酸纤维素(CAB)隔绝空气的方法。采用添加CAB的涂料体系不但涂膜常温干燥性能较好,而且涂膜其他性能也会得到改善。通常使用的CAB应具有高丁酸基含量,且黏度要较低。操作时,先将CAB在150℃时加入UPR内,待溶化后,再加入苯乙烯稀释制成涂料^[5]。

在UP中引入气干性基团合成非厌氧型UPR也可有效解决涂料的气干性问题,如最早有用烯丙基醚类缩水甘油醚部分代替二元醇进行缩聚而在UP链上引入气干性基团的改性方法,其中的烯丙基醚($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-$)结构中含有正电性碳原子,与其相连的亚甲基氢原子化学性质活泼,容易与氧阻聚效应产生的过氧化自由基反应,生成聚合物的氢过氧化物,这种氢过氧化物可以产生很强的自由基使反应继续进行,因此树脂具有气干性^[5]。但是烯丙基醚类缩水甘油醚依赖进口,成本较高,推广受到限制。为此,近年来,又研制出许多新型气干性UPR用于涂料的配制,如缩水甘油基醚改性UPR、干性油改性UPR、双环戊二烯(DCPD)改性UPR等,特别是将DCPD用于UPR的制备,近年来已成为国内外研究的热点。

朱江林等^[4]报道了涂料用DCPD型UPR的合成工艺以及原材料的选择对树脂性能的影响,同时对合成的树脂进行调漆测试。DCPD是石油裂解制乙烯的副产品 C_5 馏分,经脱氢、脱重及精制而成,来源广泛,价格较为低廉。DCPD具有烯丙基醚的分子结构^[6],与烯丙基醚类缩水甘油醚有相似的气干性机理,将其作为UP的合成原料可以制备气干性UP,进而可以配制气干性UPR涂料。经测试表明,用DCPD制备的涂料用UPR综合性能比较优异,基本上能满足中低档家具漆用树脂要求。

但是该法也存在问题,如固化后涂膜比较脆,绿化严重,厚涂很容易发白等。对此又产生出油类改性DCPD型UPR的报道。万石官等^[7]利用豆油或蓖麻油改性DCPD型涂料用UPR并进行调漆性能测试。试验结果表明,油的使用极大地提高了涂膜的柔韧性和抗绿化性,同时涂膜厚涂不发白,透明性好。

2 防污UPR涂料

船舶表面附着海洋生物后,不仅会使船舶的质量增加、航速降低,操控性下降,燃油消耗量增加;而且还会造成船舶、海水淡化设备及水下设施等的腐蚀程度加剧。为了降低海洋生物附着的危害,防止海洋生物对船舶和海上设施的污损,防污涂料被视为是一种既经济又高效的途径^[8]。UPR本身不具有防污性能,一般需要通过外加防污助剂达到防污的目的。

1958年Monterroso第一次提出含四丁基锡的丙烯酸树脂防污涂料^[9],此后,以有机锡化合物作为毒剂的防污涂料得到了广泛的应用。但是有机锡化合物具有致畸性,会严重影响人类及其他生物的遗传和生存,将其用于UPR涂料的防污改性已不具有可行性。目前,开发新型无毒防污剂,进一步发展自抛光防污涂料成为UPR涂料防污改性的主要方向。

Kaarnakari等^[10]发明了具有耐污性的UPR凝胶涂料,该涂料可以作为船舶涂料,对长期淹没在水下的船舶部分起到防污保护。涂料中含有耐污剂,耐污剂选自4,5-二氯-2-正辛基-4-异噻唑啉酮-3-环丙基-N'-(1,1-二甲基乙基)-6-(甲基硫代)-1,3,5-三嗪-2,4-二胺和N'[(氟-二氯-甲基)硫代]邻苯二酰亚胺或其混合物,属无毒防污剂。试验表明,该涂料不但具有良好的防污性能而且表面性能优异,是船舶防污的理想涂料。

3 防火UPR涂料

UPR的碳、氢元素含量高,极限氧指数为19.5~21.5,属易燃材料,以其为主要成膜物的UPR涂料防火隔热性能差。随着人们对涂料防火性能的要求越来越高,UPR涂料的防火阻燃改性成为了国内外关注的热点。经过几十年的发展,如今的UPR防火涂料已成为防火涂料领域中的主要品种,并不断涌现出更加适应社会需求的高新技术。

UPR涂料阻燃改性的方法分为反应法和添加法两种。反应法是对UP进行分子改性;使用具有阻燃元素的合成单体制备UP,然后再与活性单体均匀混合制成阻燃型UPR。如四溴苯酐、氯桥酸酐等可与UPR中的二元酸反应,引入阻燃元素;环氧氯丙烷等可对二元醇进行阻燃改性。采用含磷(或同时含卤)的反应型阻燃剂如甲基磷酸二甲酯、乙烯基磷酸酯等,也可制造阻燃UPR。添加法是在普通UPR内添加阻燃剂(如氢氧化铝等)以达到阻燃效果。阻燃添加剂可分为无机添加剂和有机添加剂,如用氢氧化铝(ATH)作无机阻燃添加剂。ATH既可用作抑烟剂,又可用作填料,应用十分普遍。有机添加剂方面应用较多的是含溴或含氮阻燃剂,其中又尤以含溴阻燃剂较多。典型的溴阻燃剂有十溴二苯醚(DBDPO)、八溴二苯醚(OBDPO)、四溴二苯醚(TBDPO)等。使用卤系阻燃添加剂,添加量小,阻燃效果显著,应用非常广泛^[11]。

但是用卤素作为阻燃剂,尤其是某些溴苯醚系阻燃剂,在燃烧过程中会产生大量有毒气体,对人体健康和环境造成严重危害,近年来逐渐受到了人们的质疑。2003年1月27日欧盟正式公布了WEEE和RoHS两项指令,对部分含卤物质的使用做出了限制,此后无卤阻燃特别是含磷、氮阻燃研究成为了国内外研究的热点,也成为了防火UPR涂料的主要研究方向。Gu等^[12]以不饱和聚酯-环氧树脂复合物为基体树脂,防火助剂采用聚磷酸铵(APP)、三聚氰胺(Mel)和季戊四醇(PER),并辅以填料和其他助剂配制成膨胀型防火涂料。实验结果表明,在涂层厚度为2.0mm时,其耐火极限时间超过210min,防火性能优异。

4 防腐 UPR 涂料

普通 UPR 的耐化学腐蚀性能不佳。UPR 的腐蚀可分为物理腐蚀和化学腐蚀:物理腐蚀是由于 UP 分子结构中含有羟基、羧基等极性基团,使固化物易与水分或极性有机溶剂发生吸附、吸收作用,出现溶胀现象而造成的;化学腐蚀是由于 UP 分子中酯基易发生水解反应,使固化物发生降解作用而造成的。为了提高 UPR 涂料的耐蚀性,针对涂料进行防腐改性,制得防腐 UPR 涂料至关重要。

为了提高 UPR 涂料的防腐性能,近几十年来人们通过改变 UP 的分子结构得到了很多具有耐腐蚀性能的 UPR 品种,使得漆膜本身就具有很好的防腐性能,如采用相对分子质量大的二元醇或二元酸合成 UP、用醚氧键代替酯键、提高固化物的交联密度、增大 UP 的相对分子质量、提高 UP 分子结构的对称性等均可改善 UPR 的耐蚀性,这些方法为 UPR 防腐涂料的研制奠定了基础。Ayman 等^[13]以马来松香酸酐、马来酸酐、间苯二甲酸、己二酸、丙二醇和一缩二乙二醇为反应原料通过原位聚合制得防腐型 UP,并将其与苯乙烯以质量比 2.5:1 的比例制成用于防腐涂料的 UPR。由于以马来松香酸酐为原料制备的树脂固化后具有高交联密度,可以防止腐蚀性物质的入侵,因此涂料防腐性能优良。此外通过对树脂体系耐化学腐蚀性能进行基于钢铁防腐等级的评价表明,在盐雾测试中涂膜经 500 h 腐蚀仍具有较好的附着力,可以用于石油管道及容器的涂覆等。

事实上,一般涂层的防腐效果来自于两方面:一种是通过漆膜防止腐蚀性物质侵入底材,另一种是依靠防腐颜填料的阻挡作用防止腐蚀的发生。若将 UPR 配以合适的颜料(特别是片状的惰性质体颜料)则可制成性能更优的防腐涂料。目前,已有通过在涂料中添加玻璃鳞片进行防腐的报道。玻璃鳞片的厚度一般在 2~5 μm 之间,在涂层中能排列数十层,使得涂层内形成复杂曲折的渗透扩散路径,腐蚀介质的扩散变得相当困难,很难渗透到基材。同时,玻璃鳞片会把涂层分割成许许多多的小空间,固化后涂膜收缩率小,大大降低了涂层的收缩应力,减少各接触面的残余应力,增加了涂膜的附着力^[14]。

5 绝缘 UPR 涂料

随着电气设备向大容量、高性能、小型和安全可靠方向发展,许多问题有待于耐热绝缘材料来解决,这不仅可以提高电气设备运行的可靠性、延长使用寿命,而且还能够减薄绝缘厚度、增加容量和确保产品质量的稳定性^[15]。目前,针对绝缘 UPR 涂料的耐热绝缘改性研究主要着重于对基体树脂的改性,一般是通过引入耐热基团的方法提高树脂的耐热性能,如耐热酸酐改性 UPR、有机硅树脂改性 UPR、亚胺改性 UPR 等。通过使用这些方法,绝缘漆的耐热绝缘稳定性可以得到显著提高。

陈亚昕等^[16]合成了一种含有耐热基团的酸酐,并将其用于环氧树脂/UP 体系制得绝缘浸渍漆。由于耐热基团参与涂

料的交联成膜反应,涂料的耐热性能得到显著提升。经测试表明,该绝缘漆可以达到 F 级的耐热等级,完全可以满足 F 级电机、电器的绝缘处理要求。Pravat 等^[17]研制了一种有机硅树脂改性 UPR 绝缘漆,并且对其耐热绝缘性能进行了评价。由于有机硅树脂具有优异的热氧化稳定性和突出的电绝缘性能,它在较宽的温度和频率范围内均能保持良好的绝缘性能,将其用于 UPR 绝缘漆的耐热绝缘改性效果显著。研究表明,该绝缘漆浸渍线圈后的耐温指数可以达到 208 ℃,完全可以用于 200 ℃等级的耐热绝缘场合。卢军彩等^[18]在普通聚酯亚胺漆中引入耐热亚胺环氧,得到了一种高温状态下粘结力及耐温指数均较高的新型不饱和聚酯亚胺无溶剂浸渍漆。测试表明,聚酯亚胺漆 180 ℃的粘结力实测值达 55 N。180 ℃割线法耐温指数为 182.7 ℃,绝缘等级达到 H 级。

6 低(零)VOC 排放 UPR 涂料

社会经济和科学技术的不断发展推动了人们环保意识的日益增强,全球面临的环境恶化问题如今倍受关注,环境保护已成为全球最热门的话题之一。1966 年,美国洛杉矶州率先颁布限制有机溶剂挥发的环保法令,规定溶剂型涂料中有机溶剂(尤其是易产生光化学烟雾的溶剂)含量要低于 17% (体积)。此后,各国开始逐渐限制溶剂型涂料的使用,加紧研制低(零)VOC 排放环保涂料。美国于 20 世纪 60 年代后期率先开始研制水性 UPR 涂料和 UPR 粉末涂料等环保涂料,日本紧随其后。经过几十年的发展,如今的 UPR 环保涂料已成为 UPR 涂料的重要组成部分,并且不断涌现出更为环保的新品种。

6.1 水性 UPR 涂料

水性 UPR 涂料是环保涂料的重要品种之一,与溶剂型涂料相比,它最大的优点就是 VOC 含量较低、无异味、不燃烧且毒性低^[19],其主要成分为水性 UP。水性 UP 是在分子链中引入离子型结构单元的一种离子型共聚酯,离子型基团的存在不仅赋予 UP 水溶性,同时也使其具有优良的吸湿性能和离子电导特性^[20]。常用的水性改性剂有挥发性胺、磺酸盐等,这些单体可以单独使用也可复合使用,由其产生或引入的盐基,可以赋予树脂水溶性或水分散性。控制 UP 的不同酸值或中和度可提供不同的水溶性,制成不同的分散体系,如溶液型、胶体型、乳液型等。

然而水性 UPR 涂料也存在缺陷,如耐水性和耐溶剂性差、硬度低、光泽和丰满度差以及干燥速度慢等,限制了其进一步发展,对此近年来人们进行了大量的研究工作。

Satpute 等^[21]将丙二醇(PG)与不同配比的马来酸酐(MA)和邻苯二甲酸酐(PA)反应,制备出带羧基端基、相对分子质量 3 000 左右的 6 种不同的 UP,也可单独使用 MA 与 PG 制备 UP。在水中用氨作中和剂乳化这些 UP,可得到涂膜性能极好的稳定乳液。经测试发现,MA 含量高的 UPR 乳液具有硬度高,柔韧性好,耐水、耐化学药品、耐溶剂性能优良等特点。以该乳液制备的水性涂料其涂膜表干时间都在 1 h 之内。史志超等^[22]用适量的丙烯酸类单体在过氧化苯甲酰(BPO)

引发下,对 UP 进行了溶液接枝聚合,得到了丙烯酸/UP 杂化水分散体,制备出了水分散体涂料,并研究了丙烯酸类单体的组成,BPO、三乙胺、助溶剂的用量对产物性能的影响。结果发现,当 BPO 用量为 2.2% 时,接枝率最高,大约为 20%。改性后的 UP 漆膜干燥时间大大缩短,硬度可以达到 4H~5H,适用于室温干燥的水分散体涂料。Jankowski P 等^[23]利用共聚反应制备了一种含有吸水性磺酸基团的紫外光固化水溶性树脂,并将其乳化后配制成可紫外光固化的水性 UP 涂料。磺酸盐采用 3-羟基-1-丙烷磺酸钠或二羟基丙烷磺酸钠,其在水性涂料中的不同含量使得涂膜能够获得从 125 到 312 的硬度(Persoz 摆杆硬度计测定)以及对玻璃或金属底材较好的附着力。研究表明,该种涂料完全可以满足玻璃、木材及金属的涂装要求。

6.2 粉末 UP 涂料

粉末涂料也是一类环境友好型涂料^[24],具有无溶剂、零 VOC 排放、涂装效率高、漆膜性能好、漆膜厚度易控制、生产和操作比较安全等优点。但是粉末涂料也存在生产成本低,涂装设备与一般涂料的不可共用,难以得到薄涂膜,更换涂料颜色、品种工序繁琐,烘烤温度高等缺点。这些缺点限制了其进一步发展,特别是其施工烘烤温度较高,一般只能用于金属等材料的涂装。近年来,人们针对这一问题开发出了紫外光固化粉末涂料。这一固化方法大大降低了涂料的固化温度并且涂膜的表面平整度得到有效提高,完全可以满足木材、塑料、中纤板等热敏性材料的涂装要求。

UP 型光固化树脂发展较早、销售量较大,以其制成紫外光固化粉末涂料不仅克服了粉末涂料烘烤温度高的问题,而且环保无污染,近年来国内外对于该类涂料的研究方兴未艾。

许杰等^[25]合成了无定型和半晶型 2 种不同结构的 UP,并制备成可紫外光固化的双组分粉末涂料。分析测试表明,涂料配方中加入半晶型 UP 后涂膜的耐冲击性和附着力明显提高,固化后涂膜的综合性能良好。Alcón N 等^[26]采用 UP 作为涂料的主要成膜物,锆铝酸盐为发光颜料,2-羟基-2-甲基-1-[4-(2-羟基乙氧基)苯基]-1-丙酮为光敏引发剂,并配以合适的消泡剂和流平剂制得可紫外光固化的粉末涂料。研究了发光颜料的含量及涂料的制备工艺对涂膜性能的影响,结果表明,发光颜料含量越少涂膜的衰变时间越短;涂料制备时,如果挤出速度控制不当会造成涂料颜色发黑;涂膜的厚度大于 100 μm 时性能最佳。

7 结 语

UP 涂料是一类性能优良的热固性树脂涂料品种,经过几十年的发展,UP 涂料的改性研究已经取得了一定的成就,并且至今仍不断有新产品、新技术产生,使其使用范围进一步扩大。因此,有理由认为 UP 涂料的发展前景是非常广阔的。随着国内外环保意识的逐步增强以及各国环保力度的加大,水性 UP 涂料和 UP 粉末涂料等环保涂料应是未来发展的主要方向,而它们的进一步功能化、精细化、高性能化应是其主要的发展趋势。

参考文献

- [1] VERÓNICA M M, VERÓNICA P S, JOSÉ M M. Improvement in mechanical and structural integrity of natural stone by applying unsaturated polyester resin - nanosilica hybrid thin coating[J]. *European Polymer Journal*, 2008, 44(10): 3146 - 3155.
- [2] 周菊兴,董永祺. 不饱和聚酯树脂生产及工艺[M]. 北京:化学工业出版社,1999.
- [3] PEREIRA C M C, HERRERO M, LABAJOS F M, et al. Preparation and properties of new flame retardant unsaturated polyester nanocomposites based on layered double hydroxides[J]. *Polymer Degradation and Stability*, 2009, 94(6): 939 - 946.
- [4] 朱江林,万石官,王永刚,等. 涂料用双环戊二烯型不饱和聚酯树脂的合成及应用[J]. *涂料工业*, 2008, 38(10): 52 - 55.
ZHU J L, WAN S G, WANG Y G, et al. Synthesis and application of dicyclopentadiene unsaturated polyester resin used in coatings[J]. *Paint & Coatings Industry*, 2008, 38(10): 52 - 55.
- [5] 王巍,罗先平. 浅谈改善不饱和聚酯涂料气干性的方法[J]. *广东化工*, 2007, 34(9): 50 - 51.
WANG W, LUO X P. The methods of improving the air - drying property of unsaturated polyester paint[J]. *Guangdong Chemical Industry*, 2007, 34(9): 50 - 51.
- [6] 李相权,吴大虎. 二步法双环戊二烯改性不饱和聚酯树脂的研究[J]. *现代涂料与涂装*, 2009, 12(2): 1 - 3.
LI X Q, WU D H. Study on bicyclopentadiene modified unsaturated polyester resin by two stepped procedure[J]. *Modern Paint & Finishing*, 2009, 12(2): 1 - 3.
- [7] 万石官,朱江林,王永刚,等. 油改性涂料用双环戊二烯型不饱和聚酯树脂的合成及应用研究[J]. *中国涂料*, 2009, 24(2): 36 - 39.
WAN S G, ZHU J L, WANG Y G, et al. Synthesis and use study of dicyclopentadiene unsaturated polyester resin used for oil - modified coatings[J]. *China Coatings*, 2009, 24(2): 36 - 39.
- [8] DIEGO M Y, SØREN K, KIM D J. Antifouling technology - past, present and future steps towards efficient and environmentally friendly antifouling coatings[J]. *Progress in Organic Coatings*, 2004, 50(2): 75 - 104.
- [9] 桂泰江,于雪艳. 海洋防污涂料基体树脂的现状和发展趋势[J]. *中国涂料*, 2010, 25(10): 7 - 11.
GUI T J, YU X Y. Existing state and development trend of binder resin for marine antifouling coatings[J]. *China Coatings*, 2010, 25(10): 7 - 11.
- [10] KAARNAKARI M, AIROLA K, TUORI T. Unsaturated polyester gel coats with antifouling properties: WO, 0174953 [P]. 2001 - 10 - 01.
- [11] 龚兵,李玲,董凤云. 不饱和聚酯树脂改性研究进展[J]. *绝缘材料*, 2006, 39(4): 25 - 28.
GONG B, LI L, DONG F Y. Research advances in modification of unsaturated polyester resins[J]. *Insulating Materials*, 2006, 39(4): 25 - 28.
- [12] GU J W, ZHANG G C, DONG S L, et al. Study on preparation and fire - retardant mechanism analysis of intumescent flame - retardant coatings[J]. *Surface & Coating Technology*, 2007, 201(18): 7835

- 7841.
- [13] AYMAN M A, IBRAHIM F N, HAMED M B. Unsaturated polyester resins based on rosin maleic Anhydride adduct as corrosion protections of steel[J]. Reactive & Functional Polymers, 2007, 67(7): 617-626.
- [14] 刘新. 码头钢管桩重防腐涂料的应用[J]. 中国涂料, 2005, 20(12): 33-35.
LIU X. Use of heavy-duty anticorrosion coatings in painting dock steel-pipe post[J]. China Coatings, 2005, 20(12): 33-35.
- [15] 张桂林, 韩世冬. 220℃级 H9161 改性耐高温不饱和聚酯亚胺无溶剂浸渍树脂的研制[J]. 黑龙江科技信息, 2007(6): 29.
- [16] 陈亚昕, 张传喜. 新型 F 级快固化无溶剂绝缘浸渍漆的研制[J]. 船电技术, 2004, 24(6): 43-45.
CHEN Y X, ZHANG C X. Research on a new class F fast-curing solventless insulation impregnating varnish[J]. Marine Electric & Electronic Engineering, 2004, 24(6): 43-45.
- [17] PRAVAT K M. Development of a silicone modified unsaturated polyester varnish for rated electrical insulation application[J]. Dielectrics and Electrical Insulation, 2005, 12(3): 455-468.
- [18] 卢军彩, 祝斌, 王德祥. 新型 H 级不饱和聚酯亚胺无溶剂浸渍漆的研制[J]. 船电技术, 2008, 28(5): 312-314.
LU J C, ZHU B, WANG D X. A new polyester-imide solventless impregnating varnish[J]. Marine Electric & Electronic Engineering, 2008, 28(5): 312-314.
- [19] 张心亚, 魏霞, 陈焕钦. 水性涂料的最新研究进展[J]. 涂料工业, 2009, 39(12): 17-23.
ZHANG X Y, WEI X, CHEN H Q. The latest research progress in waterborne coatings[J]. Paint & Coatings Industry, 2009, 39(12): 17-23.
- [20] 程万里, 涂伟萍. 水性聚酯的合成及性能研究进展[J]. 热固性树脂, 2009, 24(2): 56-59.
CHENG W L, TU W P. Development of research on the synthesis and property of waterborne polyester[J]. Thermosetting Resin, 2009, 24(2): 56-59.
- [21] SATPUT A, GANGOTRI L T. VOC free water thinnable coatings based on unsaturated polyester[J]. Paintindia, 2008, 58(7): 75-88.
- [22] 史志超, 童身毅. 丙烯酸接枝不饱和聚酯水性杂化涂料的制备及性能[J]. 现代涂料与涂装, 2008, 11(5): 1-6.
SHI Z C, TONG S Y. Preparation of acrylate grafted unsaturated polyester hybrid waterborne coatings and properties thereof[J]. Modern Paint & Finishing, 2008, 11(5): 1-6.
- [23] JANKOWSKI P, ROKICKI G. Styrene-free water-thinnable unsaturated polyester resins with hydrophilic sulfonate groups for coating applications. part II. Syntheses carried out via copolymerization[J]. Polimery - Polymers, 2010, 50(1): 12-19.
- [24] LI Z, ZHU J, ZHANG C. Numerical simulations of ultrafine powder coating systems[J]. Powder Technology, 2005, 20(3): 155-167.
- [25] 许杰, 李宝芳, 罗英武, 等. 新型 UV 固化粉末涂料的研制[J]. 高校化学工程学报, 2005, 19(5): 712-715.
XU J, LI B F, LUO Y W, et al. Synthesis and study of novel UV-curable powder coatings[J]. Journal of Chemical Engineering of Chinese Universities, 2005, 19(5): 712-715.
- [26] ALCÓN N, TOLOSA A, RODRÍGUEZ M T, et al. Development of photoluminescent powder coatings by UV curing process[J]. Progress in Organic Coatings, 2010, 68(1-2): 88-90.

收稿日期 2011-03-18(修改稿)

2011 给力水性化高峰论坛 水性环保优秀案例征集

2011年,为响应国家节能减排的号召,推动涂料涂装行业水性化的进程,《涂料工业》杂志、中国化工学会涂料涂装专业委员会联合相关行业组织,拟在8月于北京举办。

给力水性化高峰论坛

论坛将特邀相关政府职能部门领导出席,联系行业主要媒体,为促进我国水性化进步而努力。

论坛同期将举办水性环保优秀案例展示,现向行业各企业征集优秀案例,欢迎您提供公司先进、环保的水性化技术、产品和工程实例,展示公司形象,提升公司行业影响力。

征集要求:

- 1) 以水性产品应用的案例为主,包括水性涂料和水性原材料,也可涉及具有优异性能的环保型产品(如粉末、高固体分、零VOC等);
- 2) 环保优秀案例应体现案例及所用产品的环保、低污染化性能及在节能减排方面的作用;
- 3) 环保优秀案例中所涉及的产品、工艺如为省(市)及以上的鉴定成果,或获得奖项请附上是鉴定证书或获奖证书;
- 4) 所提供的环保优秀案例的图片资料、实验数据、证书等资料保证真实性;

欢迎广大企业踊跃参加,征集申请表请登录 <http://www.asiaccoat.com/expo/zlsx2011call.asp> 下载,活动详情可咨询 0519-83976386。