

TiO₂/空心玻璃微珠反光隔热涂层的制备与性能研究

赵 玥¹ 张建生¹ 张士康¹ 谢 娟²

(1.唐山学院环境与化学工程系,唐山 063000;2.河北科技大学化学与制药工程学院,石家庄 050018)

摘 要 采用底漆-中间涂层-面漆的涂层制备工艺,以纯丙乳液作为成膜物质,以碳酸钙作为底漆填料,空心玻璃微珠作为中间涂层填料,TiO₂ 和空心玻璃微珠复合物作为面漆填料制备了新型反光保温隔热涂层,并分别考察了 TiO₂ 和空心玻璃微珠作为单一功能填料以及涂层厚度对反光保温隔热性能的影响。结果表明,当涂层厚度为 180 μm 时,TiO₂/空心玻璃微珠复合涂层表面漫反射效果明显优于单一功能填料的涂层,其最高隔热温差可达 12.3℃,隔热效率达 95.2%。

关键词 反光隔热,二氧化钛,空心玻璃微珠,隔热涂料,隔热性能

Preparation and property of TiO₂/hollow glass microspheres composite coating

Zhao Yue¹ Zhang Jiansheng¹ Zhang Shikang¹ Xie Juan²

(1.Department of Environment and Chemistry Engineering,Tangshan College,Tangshan 063000;
2.School of Chemistry and Pharmaceutical Engineering,Hebei University of Science and Technology,Shijiazhuang 050018)

Abstract The preparing process of composite coating was studied with primer-intermediate-top steps,calcium carbonate (CaCO₃) was used as the filler of primer,the hollow glass microspheres (HGMs) used as the filler in the middle coating,and the titanium dioxide(TiO₂) and hollow glass microsphere (HGMs) compound was used as the filler to prepare a new type of reflective thermal insulation coating.The effects of titanium dioxide and hollow glass micorspheres as single functional filler and the thickness of coating on the thermal insulation performance were investigated respectively.The results showed that when the thickness of coating was 180 μm,the diffuse reflection effect of composite coating was obviously better than that of single functional filler.The maximum thermal insulation temperature difference can reach 12.3℃ and the heat insulation efficiency was 95.2%.

Key words reflective insulation,titanium dioxide,hollow glass microsphere,heat insulation coating,heat insulation

反光隔热涂料是近年来研发的一种新型保温建筑涂料,该涂料涂装于建筑物外墙或者房顶,可加强日光反射,有效阻止热辐射和热传导传热,降低建筑物表面及室内温度,减少因使用空调、电扇、风机等造成的能源消耗,节能环保,具有良好的经济社会效益^[1-2]。

空心玻璃微珠(HGMs)是一种薄壁中空的微小球体,其外部薄壁主要成分为钠硼硅酸盐,具有导热系数小、真密度低、耐高低温、热稳定性好等优点;内部的惰性气体具有隔热保温的独特性能,广泛应用于建材、涂料等领域^[3-5]。因独特的球形结构,HGMs 单独作为填料使用时,具有热反射性能好而

热隔断效应差的特点,增加了反光隔热涂料制备的难度和成本。TiO₂ 是一种过渡金属氧化物,由于白度高,遮盖力强而经常作为颜填料应用于涂料领域,具有较强的热隔断效应。

本研究采用底漆-中间涂层-面漆的涂刷方法,利用纯丙乳液作为成膜物质,碳酸钙为基础填料制备反光隔热涂料底漆;利用 HGMs 作为中间层填料,隔断热传导,保证隔热效果;利用 TiO₂ 和 HGMs 复配作为面漆填料,增强日光反射效果,成功制备具有复合功能的反光隔热涂层,并考察了该涂层的反光隔热效果。

基金项目:河北省重点研发计划自筹项目(17211223);唐山市科技计划自筹经费项目(17110229a);唐山学院博士创新基金项目(tsxybc201403)

作者简介:赵玥(1978-),女,工学博士,讲师,主要从事功能高分子及涂料研究。

1 实验部分

1.1 原料

纯丙乳液(质量分数 47.9%, 日化级), 广州德欣化工有限公司; TiO₂(分析纯, 纯度≥99.0%), 天津市光复科技发展有限公司; HGMs(2018), 佛山市顺德区兆通汇源塑料制品有限公司; 碳酸钙(分析纯, 纯度≥99.0%), 天津光复科技发展有限公司; 氢氧化钙(分析纯, 质量分数 95%), 天津市化学试剂三厂; 十二醇酯(分析纯, 纯度≥98.0%), 润泰化学股份有限公司; 润湿剂、分散剂、消泡剂、增稠剂、流平剂均为工业品, 鼎和化学科技公司。

1.2 仪器及设备

涂层测厚仪(QNIX4200 型), 上海魅宇仪器科技有限公司; 透射电子显微镜(TEM, EVO18 型), 德国卡尔蔡司公司; 扫描电子显微镜(SEM, DMI8), 德国徕卡仪器有限公司; 隔热膜温度测定仪(SXLD-9 型), 北京中慧天诚科技有限公司; 紫外-可见分光光度计(UV-Vis, SolidSpec-3700UV 型), 日本岛津公司; 快速涂料分散机(KS-370 型), 上海现代环境工程技术股份有限公司。

1.3 反光隔热涂层的制备

将润湿剂、分散剂、消泡剂、多功能助剂及纯丙乳液加入水中均匀分散, 分别加入充分润湿后的碳酸钙作为底层涂层填料; HGMs 作为中间涂层填料; TiO₂ 和 HGMs 作为面漆涂层填料制备反光隔热涂层, 该涂层示意图如图 1 所示。

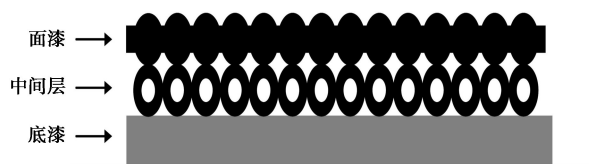


图 1 反光隔热涂层示意图

1.4 测试及表征

利用紫外-可见分光光度计测定涂层表面漫反射性能; 利用隔热膜温度测定仪, 根据 GB/T 9755—2001 测定不同填料制备的涂层反光隔热性能; 利用扫描电子显微镜测定 HGMs 形貌特征; 利用透射电子显微镜检测 HGMs 及涂层表面微观形貌。

2 结果与讨论

2.1 SEM 分析

HGMs 外观为白色粉体, 在扫描电子显微镜下其结构为薄壁中空的微小球体(图 2), 主要成分为

钠硼硅酸盐^[6]。由于 HGMs 结构为微小圆球, 内部为稀薄空气, 因此具有良好的隔音、隔热效果。HGMs 应用于涂料工业, 可以有效减少涂膜助剂使用量, 减轻产品质量, 提高产品耐腐蚀性能。本研究采用的 HGMs 最小粒径为 2μm, 最大粒径可达 100μm, 大部分粒径分布在 20~40μm 范围内。虽然 HGMs 导热系数小, 适合保温隔热涂层的应用, 但由于其质量较轻, 因此不易均匀分散在溶剂体系中, 使用前需要利用润湿剂充分润湿 HGMs 表面; 同时, 其薄壁结构在剧烈分散的情况下容易破碎^[7], 因此, 在 HGMs 分散过程中, 搅拌速率通常控制在 60r/min 之内。

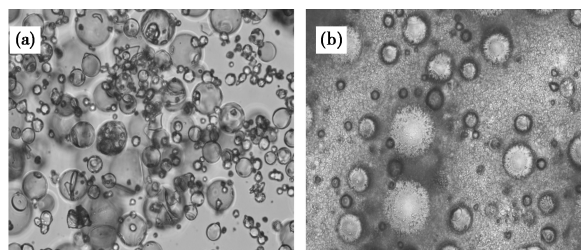


图 2 HGMs 的 SEM 图
[(a)放大 100 倍; (b)放大 200 倍]

2.2 UV-Vis 分析

将碳酸钙作为基础填料分散在纯丙乳液中, 添加各种功能助剂后, 分别利用 TiO₂、HGMs 作为单一功能填料, HGMs 作为中间层填料, TiO₂/HGMs 作为面漆复合填料制备了 3 种反光隔热涂层。利用紫外-可见分光光度计分别测定 3 种反光隔热涂层的表面漫反射性能, 其 UV-Vis 谱图见图 3。从图可知: 在 500~3000nm 波长范围内, 由于 TiO₂ 作为一种理想的光反射材料, 对太阳光中主要能量波段的光都具有良好的吸收和反射效果, 并且均匀分散的 TiO₂ 作为涂料工业常用的一种颜填料, 可在涂层内形成连续的光反射界面, 提高了光反射率, 因此, TiO₂ 作为单一功能填料制备的反光隔热涂层光反射率高于 HGMs 作为单一功能填料制备的反光隔热涂层; HGMs 形貌为球形, 即使在涂层中密集排布, 由于微球体的结构特点, 无法充分发挥其反光隔热效果, 并且制备的反光隔热涂层覆盖率低, 增强了光的入射效果^[8], 因此涂层表面光漫反射性能最差; 而 TiO₂/HGMs 作为面漆复合填料制备的反光隔热涂层中, 涂层干燥后, TiO₂ 有效填补了 HGMs 球体之间的空隙, 对涂层表面具有良好的反光隔热效果, 在促进反射太阳辐射和阻止热传导方面发挥了重要作用。

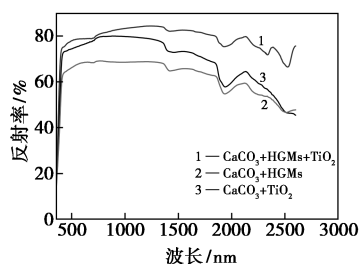


图 3 3 种反光隔热涂层 UV-Vis 谱图

将 HGMs 均匀分散在纯丙乳液中,辅以各种助剂,制备反光隔热涂层的中间层,利用 HGMs 充满惰性气体的空腔,对基材起保温隔热作用。HGMs 以及 HGMs 作为中间层涂刷后的 TEM 图见图 4。

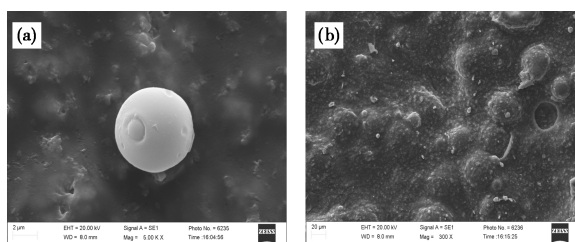


图 4 HGMs(a)以及 HGMs 作为中间层涂刷后(b)的 TEM 图

2.3 涂层厚度对反光隔热性能的影响

涂层厚度不同的复合材料具有不同的发光隔热效果,通过涂刷底漆(2~3 遍)、中间漆(1~3 遍)、面漆(1~3 遍)制备了厚度不同的反光隔热涂层。由图 5 可知,当底漆涂刷 3 遍、中间漆涂刷 2 遍、面漆涂刷 2 遍,涂层厚度为 180 μm 时,涂层的反光隔热率可达 95.2%,反光隔热效果最佳。干燥后,涂层覆盖力较好,硬度、耐磨性、耐酸碱性等均符合国家标准,而后期随着涂层厚度增加,涂层热反射率并没有明显提高。

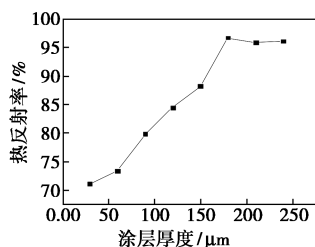


图 5 涂层厚度对热反射率的影响

2.4 填料种类对涂层隔热性能的影响

利用隔热膜温度测定仪分别测定不同填料制备的 3 种涂层的反光隔热性能。从图 6 可以看出,利用 TiO_2 作为填料制备的反光隔热涂层其性能略优于 HGMs 作为填料制备的涂层。这是因为涂层制备过程中使用的 HGMs 密度较大,平均粒径较小, HGMs 单独作为填料时,对光线的反射和阻隔能力

较差;使用过程中,体积较小的 HGMs 在涂层中形成了连续的空腔结构,阻隔热量的能力下降^[9],因此导致涂层隔热性能较差。而用 HGMs 作为中间层填料, TiO_2 /HGMs 作为面漆复合填料制备的反光隔热涂层,由于综合利用了填料对于热源的隔断及反射作用,因此表现出良好的保温隔热效果,隔热温差最高可达 12.3℃,隔热率为 95.2%。

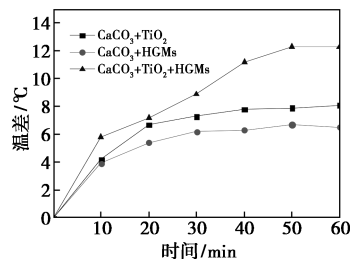


图 6 不同填料制备的反光隔热涂层的隔热温差

3 结论

(1)利用底漆-中间层-面漆分层涂刷的方法,制备了具有良好反光隔热效果的涂层结构。

(2)HGMs 具有独特的球形结构,常与其他功能填料配合发挥反光隔热性能;使用过程中,需先用润湿剂润湿,掺杂时搅拌速率最大为 60r/min。

(3)随着涂层厚度的增加,反光隔热涂层隔热性能逐渐提高,当涂层厚度为 180 μm 时,涂层隔热性能最佳且涂层遮盖力、硬度等均符合国家标准。

(4)反光隔热涂层制备工艺简单,反光隔热效率高,具有产业化应用价值。

参考文献

- [1] 陆洪彬,陈建华.隔热涂料的隔热机理及其研究进展[J].材料导报,2005,19(4):71-73.
- [2] 李贵东.水性涂料的发展[J].黑龙江科技信息,2010(7):25.
- [3] 秦拴狮.中空玻璃微球近期技术发展和应用[J].化工新型材料 2009,37(9):33-36.
- [4] Yung K C, Zhu B L, Yue T M, et al. Preparation and properties of hollow glass microsphere-filled epoxy-matrix composites[J]. Composites Science and Technology, 2009(69):260-264.
- [5] 靳涛,刘立强.玻璃微珠在涂料中的隔热性能研究[J].涂料工业,2008,38(9):15-17.
- [6] 刘亚辉,冯建林,许传华.空心玻璃微珠在反射隔热涂料中的应用[J].现代涂料与涂装,2014(2):22-23.
- [7] 肖九梅.涂料助剂发展趋势[J].化学工业,2015,33(8):19-25.
- [8] 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.
- [9] Sun L, Wan Sh G, Yu Z, et al. Optimization and modeling of preparation conditions of TiO_2 nanoparticles coated on hollow glass microspheres using response surface methodology[J]. Separation and Purification Technology, 2014(125):156-162.

收稿日期:2018-04-04

修稿日期:2018-07-30