

石墨涂层材料红外辐射率研究

黄芸, 沐磊, 张其土

(南京工业大学材料科学与工程学院, 江苏 南京 210009)

摘要:以改性氟碳树脂为黏合剂, 石墨粉为填料, 制出了在红外波段具有较低辐射率的红外隐身涂料。研究表明, 在黏合剂中加入质量分数为25%的石墨, 且石墨粒径为 $2\mu\text{m}$ 时, 所制得的红外隐身涂料辐射率最低可达0.63。该涂层的附着力为一级, 耐冲击性大于等于 $50\text{kg}\cdot\text{cm}$, 耐酸碱性和耐盐水性良好。

关键词:石墨; 红外隐身; 辐射率

中图分类号: TN213 **文献标识码:** A

Study on the Infrared Emissivity of Graphite Coatings

HUANG Yun, MU Lei, ZHANG Qi-tu

(College of Materials Science and Engineering, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China)

Abstract: The infrared stealth coatings was prepared by using modified fluorocarbon resin as bond, graphite as stuffing. As a result, after adding 25% (mass percent) graphite into bond, with the $2\mu\text{m}$ grain size of graphite, the emissivity of the infrared stealth coatings was 0.63. The adhesive attraction of coatings was first-order, the resistance to impact was higher than $50\text{kg}\cdot\text{cm}$, the acid resistivity, alkali resistivity and salt water resistivity was well.

Key words: graphite; infrared stealth; emissivity

1 前言

红外隐身技术是指能显著降低目标的红外辐射特性及其与环境之间的红外辐射差异, 使探测系统难以发现或使探测效果降低的综合技术。根据斯蒂芬-玻尔兹曼定律, 对温度 T 的目标(地面装备), 单位面积的红外辐射功率 W 表示为 $W = \alpha \varepsilon T^4$, 式中 α 为斯蒂芬-玻尔兹曼常数; ε 为红外发射率; T 为绝对温度, K。涂覆低发射率红外隐身涂料, 能降低上式中的 ε 值, 抑制被涂目标的热辐射功率, 从而减小目标与背景的辐射差异^[1-4]。

低发射率红外隐身材料研究主要是设法提高材料的表面反射率, 研究内容集中在对材料本身的筛选和改性上^[5-6]。一般情况下, 黏合剂的红外发射率一般都较高, 因此多年来低发射率的红外隐身涂料主要是靠调节填料的发射率来实现的。

目前用于红外隐身涂料中的颜料大致可分为: 金属颜料、着色颜料和半导体颜料。蒋谱成等^[7]人通过理论分析认为石墨是一种很好的隐身材料, 但有关其涂料红外隐身性能的研究还很少。本文从石墨的粒径、石墨的含量以及涂层的物理机械化学性能三个方面对以石墨为颜料的涂料平均红外发射率进行了研究。

2 实验

2.1 原材料及仪器设备

石墨: $0.5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $20\mu\text{m}$, 镇江焦化产品研究所;

基金项目: 国防基础科研项目资助。

作者简介: 黄芸(1985-), 女, 硕士, 现主要从事功能材料的研究。E-mail: xingren0217@yahoo.com.cn

收稿日期: 2008-04-15

黏合剂:改性氟碳树脂,济南53所;

红外辐射率仪:NEM80C型法向辐射率测量仪;

漆膜附着力仪:QFZ-Ⅱ型漆膜附着力试验仪,
天津市精科材料实验机厂;

漆膜耐冲击器:QCJ型漆膜冲击器,天津精科材料实验机厂。

2.2 红外隐身涂层的制备

将各种石墨粉末与改性氟碳树脂及稀释剂按一定比例混合研磨,制得涂料,分别涂覆于60mm×60mm的马口铁板上(马口铁需打磨)室温固化,得到涂层样片。

2.3 红外辐射率的测定

采用NEM80C型法向辐射率测量仪,按照T-011 JT附录A执行标准,测量涂层的法向辐射率。

2.4 物理机械性能测试

漆膜附着力测定:采用QFZ-Ⅱ型漆膜附着力试验仪,按GB/T 1727-1992《漆膜一般制备法》,测定漆膜的附着力。漆膜对基材黏和力的牢度即附着力,以样板上圆滚线划痕的上侧为检查的目标,依次标出1,2,3,4,5,6,7等七个部位,相应分为七个等级。按顺序检查各个部位的漆膜完整程度。如某一部位的格子有70%以上完好,则定位该部位是完好的,否则应认为损坏。

漆膜耐冲击测定:采用QCJ型漆膜冲击器,按GB/T 1727-1992《漆膜一般制备法》,测定漆膜的耐冲击性能。以重锤的质量与其落于样板上而不引起漆膜破坏之最大高度的乘积(千克×厘米)表示。所做测试均在恒温恒湿的条件下进行。

2.5 耐酸碱性和耐盐水性能的测定

在常温条件下,按GB/T 1727-1992《漆膜一般制备法》在马口铁板上制备漆膜,待漆膜实干后,在恒温的条件下测定。将涂好的马口铁板放进以下溶液,流酸浓度为1mol/L、氢氧化钠浓度为1mol/L、3%(质量百分比)氯化钠溶液,耐酸、碱、盐水的时间分别为24h,然后观察表面的破坏情况。

3 结果与讨论

3.1 石墨粉的选择

天然石墨由于纯度较低,导电性不如人造石墨,且人造石墨粒径均匀,能够很好地分散于树脂基体中,因此选择人造石墨为我们的填料。图1和图2为分别为天然石墨和人造石墨的XRD图。

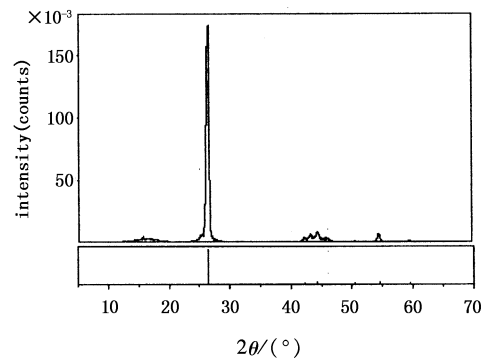


图1 天然石墨的XRD

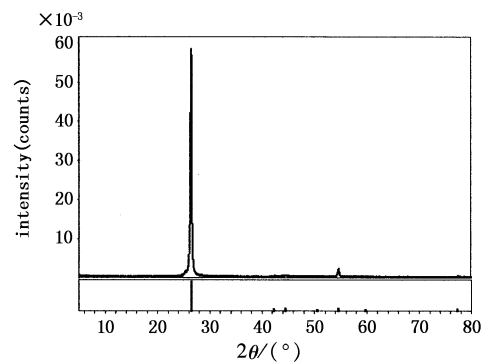


图2 人造石墨的XRD

3.2 石墨粒径对红外辐射率的影响

将改性氟碳树脂与不同粒径的石墨($0.5\mu\text{m}$, $1\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$, $5\mu\text{m}$, $20\mu\text{m}$)研磨制得涂料,涂覆于马口铁板上,其中石墨的含量为10%,15%,20%,25%,30%。测得其涂层法向辐射率与石墨粒径的变化曲线如图3所示。

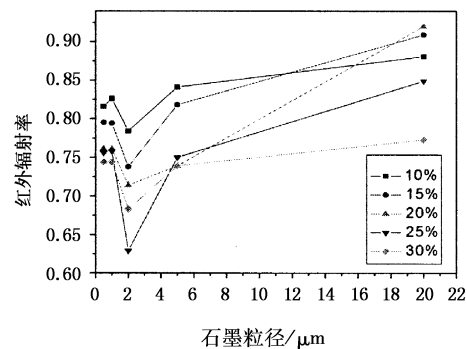


图3 石墨粒径对红外辐射率的影响

由图3可以看出:石墨粒径为 $2\mu\text{m}$ 时,在各个质量百分数中红外辐射率都是最低的。王宏喜等^[8]曾通过理论计算提出:随入射电磁波波长的增加,消光效率因子的最大值在波长 $2\mu\text{m}$ 处取得最大值,散射效率因子最大值呈上升态势,吸收效率因子小于散射效率因子。且当入射波的波长 $\lambda = 11.11\mu\text{m}$ 时,石墨粒子的粒径为 $2\mu\text{m}$ 时散射效率为最大,则红外吸收效率最小,这点与我们实验得出的结论是一致的。同时,导电性能好的填料,其发射率

一般都较低。在非金属材料中,石墨是一种导电性能较好的材料,这也是其辐射率较低的原因。相对于其他填料而言,石墨的比重较轻,不易沉降,能很好地悬浮同时也能较均匀地分散在黏合剂中,形成一个均匀的浓度梯度层,从而使得涂层的上表面不会因变成黏合剂层而使得辐射率增加。

3.3 石墨含量对红外辐射率的影响

将改性氟碳树脂与 $2\mu\text{m}$ 的石墨混合研磨制得涂料,石墨含量选10%,15%,20%,25%,30%,测得其涂层法向辐射率与石墨含量的变化曲线如图4所示。

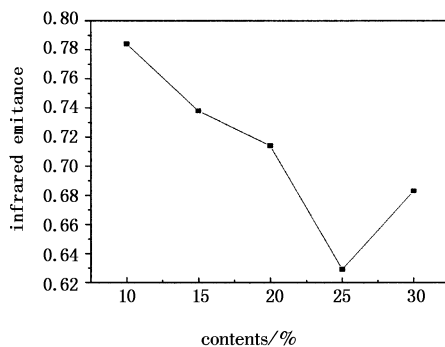
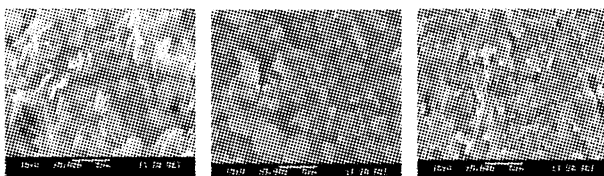


图4 石墨含量对红外辐射率的影响

由图4可以看出,石墨质量分数为25%时,其红外辐射率是最低的,可以达到0.63左右,当小于这个百分含量,树脂在填料中占绝大部分,所以使得涂料的辐射率偏高;而当百分含量大于这个数值时,填料又过于多,使得涂覆工艺变难,影响其性能,辐射率偏高。为了找到影响涂层辐射率的原因,我们测试了相关涂层及石墨的SEM(如图5所示),探讨其微观形貌对涂层辐射率的影响。从图5(c)可以看出,具有较低辐射率的涂层中石墨粉大小粒子分布整齐,表面平整,基本没有空隙,形成了漂浮态,对红外辐射的反射较强,就获得了较低的红外辐射率。而辐射率较高的涂层(如图5(b)所示)中粉末空隙较大,这些空隙将会对红外辐射进行多次反射吸收,致使红外辐射率增大。



(a) 石墨粉 (b) 15% 石墨 (c) 25% 石墨

图5 石墨及涂层的SEM图

3.4 石墨涂层的物理性能

在常温条件下,按GB/T 1727-1992《漆膜一般制备法》在马口铁板上制备石墨涂层漆膜(石墨的质量分数为25%),待漆膜实干后,在恒温的条件下

测定,得到如图6所示的结果。

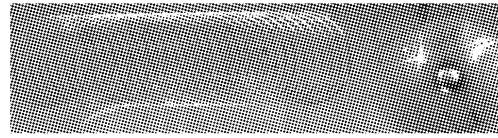


图6 石墨涂层的物理性能测试

由图6左侧可以看出:样板上圆滚线划痕的上侧,依次可以标出1,2,3,4,5,6,7等七个部位,第一个部位的格子有70%以上完好,则可认定其附着力为一级。由图6右侧可以看出:在仪器的最大量程($50\text{kg}\cdot\text{cm}$)之下漆膜没有出现破坏,即可认定其耐冲击性是大于等于 $50\text{kg}\cdot\text{cm}$ 的。

3.5 石墨涂层的耐酸碱性和耐盐水性

将制得的石墨涂层小样片(石墨的质量分数为25%),分别投入配置好的盐水、酸、碱的溶液,观察24h,观察表面破坏情况,得到实验结果如表1所示。

表1 石墨涂层的化学性能测试

化学性能	耐盐水性	耐酸性	耐碱性
测试结果	漆膜完好,失光	漆膜完好,失光	漆膜出现小气泡

4 结论

- (1)当石墨粒径为 $2\mu\text{m}$ 时,涂层发射率最低。
- (2)填料用量影响涂层辐射率,涂层的辐射率随石墨含量的增加而降低,当石墨的质量分数超过25%时,涂层辐射率不再下降。
- (3)石墨涂层材料的附着力为一级,耐冲击性大于等于 $50\text{kg}\cdot\text{cm}$,且耐酸碱性和耐盐水性良好。

参考文献:

- [1] 付伟. 红外隐身原理及其应用技术[J]. 红外与激光工程, 2002, 31(1): 88-93.
- [2] Tului M Valle R, Mortoni, et al. Composite with a low emissivity in the medium and far infrared, and with a low reflectivity in the visible and near infrared [P]. US Pat, 7070857, 2006.
- [3] Ghosh A, Bandyopadhyay P K. Infrared Phys. Techn., 2005, 46(5): 408.
- [4] 张建奇, 方小平. 红外物理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [5] 宋兴华, 於定华, 马新胜, 等. 涂料型红外隐身材料研究进展[J]. 红外技术, 2004, 26(2): 9-12.
- [6] 贾永科, 汪长春. 结构参数对伪装材料红外发射率的影响分析[J]. 工兵装备研究, 2006, 25(2): 28-32.
- [7] 蒋谱成, 李峰. 关于红外隐身材料的分析[J]. 电光与控制, 2004, 11(4): 70-72.
- [8] 王宏喜, 王宏霞, 薛丽. 石墨红外消光性能研究[J]. 炭素技术, 2004, 120(4): 41-43.