

某型武器复合材料漆层开裂原因分析及试验研究

樊富友, 朱春华, 于晓艳, 杜冲

(中国兵器集团公司长沙机电产品研究开发中心, 长沙 410100)

摘要: 对某型武器进行环境试验考核时, 碳纤维复合材料出现了不同程度的漆层开裂现象, 针对这些问题, 进行了技术性分析, 并进行措施改进。通过确定合理的喷漆环境、表面质量、喷漆工艺及油漆厚度等, 某型武器碳纤维复合材料顺利通过环境试验, 漆层无开裂现象, 取得了良好的效果。

关键词: 碳纤维复合材料; 有机硅漆; 喷漆工艺; 表面质量; 水滴法

DOI: 10.7643/issn.1672-9242.2013.03.013

中图分类号: TJ089; E92 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2013)03-0051-03

Cause Analysis and Test Research on Composites Paint Cracking of Certain Weapon

FAN Fu-you, ZHU Chun-hua, YU Xiao-yan, DU Chong

(Changsha Electromechanical Product Research and Development Center of China
South Industries Group Corporation, Changsha 410100, China)

Abstract: During the environmental test of a certain weapon, different extents of cracking occurred in a paint layer on carbon fiber composite material. Aiming at such problems, technical analysis and measure improvement were carried out. By determining reasonable paint spraying environment, surface quality, painting technology and paint thickness, the carbon fiber composite material used in the certain weapon smoothly passed the environmental test. The paint layer has no cracking phenomenon and achieves good effect.

Key words: carbon fiber composite material; organic silicon paint; painting technology; surface quality; dropping method

碳纤维复合材料具有质量小、比强度高、比刚度高等优点, 在某型武器中得到应用。然而, 碳纤维复合材料容易受到水及其他腐蚀介质的影响, 造成树脂和纤维的脱胶与分层。另外, 由于阳光对碳纤维复合材料外表面的照射, 紫外线会使基体材料老化

或机械性能降低^[1]。因此, 某型武器碳纤维复合材料需要做防护性涂层。

碳纤维复合材料涂有机硅漆, 环境试验考核时出现了不同程度的漆层开裂现象, 影响项目的研制进度。针对这一问题, 采取了一系列针对性措施, 通

收稿日期: 2013-01-07

作者简介: 樊富友(1980—), 男, 河南驻马店人, 硕士, 工程师, 主要研究方向为结构设计及产品防护。

过温度冲击及湿热试验验证,有效防止了碳纤维复合材料漆层开裂。

1 问题分析

通过对某型武器碳纤维复合材料全面检查,漆膜涂层开裂的界面为碳纤维复合材料壳体外表面。漆膜缺陷形式为局部漆层开裂,如图1所示。

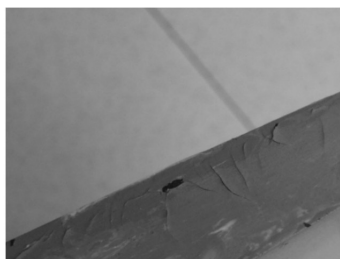


图1 碳纤维复合材料漆膜缺陷形式

Fig. 1 The defect form of the paint film on carbon fiber composite material

对喷漆工艺及喷漆环境现场跟踪,发现以下问题会影响碳纤维复合材料漆层开裂。

1.1 喷漆环境

2010年6月进行碳纤维复合材料喷漆处理。此时正是南方的梅雨季节,天气潮湿,喷漆现场未采取有效的防潮和温度控制措施,现场湿度大。

碳纤维复合材料喷漆受湿度环境影响较大。当喷漆现场湿度较大时,复合材料吸附空气中的水分,水分通过树脂及增强纤维孔系进入基体内部。喷漆后,水分停留在基体与漆层间,影响漆层与基体的附着。在环境试验中,基体与漆层间的水分膨胀,使漆层出现开裂。

1.2 表面质量

碳纤维复合材料表面有脱模剂,使油漆与基体表面之间的浸润性降低,其表面质量的好坏,对漆层的附着力影响较大。

对碳纤维复合材料进行打磨,可以增大碳纤维复合材料的表面粗糙度,增加底漆与基体的附着力。通过漆层开裂部位检测,发现漆层开裂部位的基体材料光滑,此原因也可以造成漆层开裂。

1.3 油漆厚度

在喷漆工艺中,未对油漆总厚度作明确规定,开裂部位的油漆表面总厚度超过0.15 mm,而底漆厚度和面漆厚度基本一样。另外又从未开裂的部位上取下油漆样品进行分析,发现底漆的厚度一般不超过0.03 mm,面漆比底漆略厚,因此油漆厚度也会造成漆层开裂^[2]。

1.4 喷漆工艺

原碳纤维复合材料喷漆工艺为:清洗→打磨→涂刮腻子→涂底漆→干燥→涂面漆→干燥→检验。

通过调研,发现该喷漆工艺存在不合理性。在喷漆工艺中,碳纤维复合材料打磨完成后,直接涂刮腻子,可以填平基体表面的坑洼,但腻子灰与基体的附着力要低于底漆与复合材料基体的附着力。因此,先刮腻子会降低漆层与基体的附着力,也会造成漆层开裂。

2 试验

2.1 试验材料

试验材料为碳纤维复合材料(碳纤维单向预浸料)。

2.2 试验设备

试验设备包括DW-86L626型低温保存箱(温度范围:-10~-86℃),DHG-9146A型电热鼓风干燥箱(温度范围:+10~+300℃),SH302调温调湿箱(温度范围为10~70℃,温度10℃时相对湿度为95%,温度70℃时相对湿度为50%~90%)。

2.3 试验内容

根据工程经验及前期的设计鉴定试验结果,碳纤维复合材料漆层开裂主要发生在温度冲击及湿热试验中。通过改进喷漆环境、碳纤维复合材料基体的表面质量、油漆厚度及喷漆工艺,确定合理的喷漆工艺参数,使碳纤维复合材料漆层顺利通过温度冲击及湿热试验考核。

2.4 试验条件

2.4.1 温度冲击试验

- 1) 试验温度为高温+70 ℃,低温-55 ℃;
- 2) 温度保持时间为4 h;
- 3) 温度转换时间不大于5 min;
- 4) 循环次数为3次。

2.4.2 湿热试验

湿热试验条件见表1。

表1 湿热试验条件

Table 1 The conditions of damp heat test

试验阶段	温度/℃	相对湿度/%	时间/h	周期/d
升温	30→60	95	2	10
高温高湿	60	95	6	
降温	60→30	≥85	8	
低温高湿	30	95	8	

2.5 试验措施

由以上分析可知,造成漆层开裂的主要原因是喷漆环境、表面质量、油漆厚度及喷漆工艺,对上述4个方面进行如下改进。

2.5.1 喷漆温度与湿度

喷漆施工厂房的温度为12~35 ℃,最佳温度为20~30 ℃^[3],相对湿度不大于75%,最佳湿度为40%~60%^[4]。若生产中喷漆环境的相对湿度超过75%,需要在烘干房中进行喷漆。

2.5.2 表面质量

用打磨机打磨碳纤维复合材料外表面,用细白布蘸丙酮清除粉尘,挥发前再用细白布擦干,最后采用水滴法测试碳纤维复合材料的打磨质量。

水滴法操作步骤为,将打磨后的碳纤维复合材料放平,将水滴滴在碳纤维复合材料上,30 s内水滴不收缩成水珠,而成水膜,则打磨质量合格。

2.5.3 油漆厚度

以未开裂部位底漆的厚度作为参考值,对不同厚度的底漆和面漆进行多轮摸底试验验证,发现下列现象。

1) 底漆和面漆厚度都超过0.075 mm,漆层先有气泡后开裂。

2) 底漆厚度超过0.03 mm后,裂纹开始萌生,工作层外表面上产生的拉应力随漆层总厚度的增加而减少^[5]。面漆越厚,裂纹越容易出现,当总厚度超过0.07 mm时,开始出现裂纹。

3) 底漆厚度不超过0.03 mm,油漆总厚度不超过0.065 mm时,油漆漆层未开裂,效果良好。

最终确定喷涂碳纤维复合材料有机硅漆厚度的参考范围为:底漆厚度0~0.03 mm,面漆略厚于底漆,但总厚度不超过0.065 mm。

2.5.4 喷漆工艺

结合油漆厚度及摸底试验结果,发现“一底一面”的效果优于“两底一面”,最后确定碳纤维复合材料喷漆工艺为:清洗→打磨→涂底漆→干燥→涂刮腻子→干燥→打磨→涂面漆→干燥→检验。底漆干燥后,用粒度小于60 μm的水砂纸打磨底漆表面,以除去粗粒和虚掩,再用粘性擦布擦去磨屑,最后用细白布蘸二甲苯擦试打磨表面。

2.6 试验试片

严格按照改进后措施,在温度28 ℃、相对湿度55%的条件下,对碳纤维复合材料进行表面处理,经水滴法检验,表面质量良好,然后按“一底一面”的喷漆工艺对碳纤维复合材料试片喷涂有机硅漆,底漆厚度为0.017 mm,面漆厚度0.026 mm。试片油漆干燥后,利用划格及3M胶带法检验碳纤维复合材料油漆质量。

3 试验结果及分析

试片合格后,按照先温度冲击试验后湿热试验的顺序^[6],观察复合材料。油漆漆层无皱皮、剥落及开裂现象,如图2所示。

试验表明,喷漆改进措施合理有效。通过确定喷漆环境,改善复合材料的吸湿性^[7-8];修整复合材料的表面质量是为了提高复合材料与底漆的附着力;通过试验确定油漆厚度和喷漆工艺,为工程实践增强可操作性。未对影响碳纤维复合材料漆层开裂的4个因素进行影响程度量化分析,但根据试验总结出一条喷漆原则:喷漆环境要遵守,喷漆工艺是基础,油漆厚度要掌握,表面质量要控制,同时又相互

(下转第58页)

- [8] SHARMA A, SUNDARAM S T, ZHANG Y Z, et al. Biodegradation of Nitrate Esters. II. Degradation of Nitrocellulose by a Fungus Isolated from a Double-base Propellant[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1995, 55 (13): 1847—1854.
- [9] DOSANI M A, TAYLOR M L, GRAHAM C A. Disposal of Liquid Propellants[R]. PEI ASSOCIATES CINNCINNATI OH, 1990.
- [10] DHANANJAY S Bhatkhande, SANJAY P Kamble, SUDHIR B Sawant, et al. Photocatalytic and Photochemical Degradation of Nitrobenzene Using Artificial Ultraviolet Light[J]. Chemical Engineering Journal, 2004 (2): 283—290.
- [11] ATTAWAY H, MACHACEK O. Recycling of Excess and Demilitarized Energetic Materials in Commercial Explosive Applications[J]. AD-A329686, 1997.
- [12] OLDRICH Machacek, ECK Gary R. Development of New High Energy Blasting Products Using Demilitarized Ammonium Picrate: USP, 6214140[P]. 1999.
- [13] BAXTER Larry, HUEY Sid, LIPKIN Joel, et al. Boiler Fuel as a Recycling Option Energetic Materials[R]. Phys Chem Aqueous Syst, 1997.
- [14] FOX E C, LACKEY M E, BARTELL R P, et al. Utilization of Energetic Material as a Supplementary Boiler Fuel[R]. Oak Ridge National Lab., TN (USA); Army Toxic and Hazardous Materials Agency, Aberdeen Proving Ground, MD(USA), 1985.
- [15] BUCKLEY S G, SCLIPPA G C, ROSS J R, et al. The Reapplication of Energetic Materials as Boiler Fuels[J]. SAND97-8236, 1997.
- [16] FROSCHE Robert A, SHAW Graham C. Recovery of Aluminum from Composite Propellants: USP, 42229182 [P]. 1980.
- [17] SHIU F J Y, YANG I C Y, YEN T F, et al. A Recovery Process for Spent Polyurethane-based Propellants: Feasibility Studies[C]// ACS Symposium Series. Washington DC: American Chemical Society, 1995: 139—151.
- [18] NAHLOVSKY Boris D, WONG Michael K. Recovery of Aluminum and Hydrocarbon Values from Composite Energetic Compositions: USP, 2265385[P]. 1998.

(上接第53页)

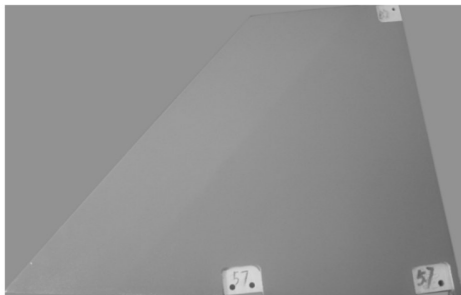


图2 试验后碳纤维复合材料漆膜质量

Fig. 2 The quality of the paint film on carbon fiber composite material after test

影响。

4 结论

某型武器碳纤维复合材料严格按照喷漆环境、表面质量、喷漆工艺及油漆厚度中的参数、指标喷涂有机硅漆,碳纤维复合材料再未发生漆层开裂问

题。这一措施已经推广应用到其它复合材料的喷漆过程中。

参考文献:

- [1] 敖辽辉,南涛. 复合材料及其涂覆层耐候性研究[J]. 涂料涂装与电镀, 2006, 4(4): 24—26.
- [2] QJ 1315—1987, 环氧硝基漆涂装通用工艺[S].
- [3] 齐凯利. 复合材料表面油漆的开裂问题[J]. 航空制造工程, 1996(4): 11—13.
- [4] 叶秀革. 聚氨酯漆施工工艺研究[J]. 表面技术, 2006, 35(3): 80—81.
- [5] 李方坡,王引真,王伟,等. 复合金属基/陶瓷基涂层的应力分析[J]. 表面技术, 2006, 35(5): 71—73.
- [6] 张红雨. 环境试验顺序的选择[J]. 装备环境工程, 2008, 5(2): 87—89.
- [7] 肖文萍,许俊华,朱怡智. 腐蚀环境因子对环氧树脂基复合材料性能影响研究[J]. 装备环境工程, 2008, 5(6): 76—81.
- [8] 栗晓飞,张琦,谢国君,等. 影响碳纤维增强树脂基复合材料腐蚀重要环境因素的研究[J]. 装备环境工程, 2005, 2(6): 34—40.