

红外隐身涂层及对雷达吸波性能的影响

邢孟达¹ 赵宏杰¹ 林海燕¹ 宫元勋¹ 邓国卫²

(1 航天特种材料及工艺技术研究所,北京 100074)

(2 中国人民解放军驻二一八厂代表室,北京 100001)

文 摘 研究了红外雷达兼容隐身涂层红外发射率及雷达波隐身兼容性的影响因素,包括填料的类型、质量分数及涂层厚度。研究表明,以填充 30wt% 的 HW-3 型铝粉为填料,制备的涂层厚度为 20 μm 时,涂层红外发射率达到 0.25,能大幅降低材料表面红外辐射温度,且对微波隐身兼容性良好。

关键词 红外隐身,微波兼容,涂层

中图分类号:TQ433.4+3

DOI:10.3969/j.issn.1007-2330.2015.04.012

Infrared Stealth Coatings and Its Impact on Radar Absorbing

XING Mengda¹ ZHAO Hongjie¹ LIN Haiyan¹ GONG Yuanxun¹ DENG Guowei²

(1 Research Institute of Aerospace Special Materials and Processing Technology, Beijing 100074)

(2 Representative Office of People's Liberation Army Stationed at 218 Factory, Beijing 100001)

Abstract We have investigated three significant factors affecting emissivity and microwave compatibility of infrared stealth coatings, including type of infrared stealth filler, content and thickness of the coating. It is found that the coating with 30wt% HW-3 aluminum powder as infrared stealth filler and thickness of 20 μm has the lowest infrared emissivity of 0.25. In addition, it can effectively reduce the surface temperature of infrared radiation and remain superior compatibility of microwave absorbance.

Key words Infrared stealth, Microwave compatibility, Coating

0 引言

为了实现微波、红外一体化隐身,需要在微波吸收材料表面再涂覆一层红外隐身涂层,尽可能降低军用飞机的红外辐射强度,同时兼容微波隐身。目前美国在微波、红外兼容隐身材料的研究上处于领先地位,如 F-117、F-22 战斗机,不仅可以在宽带范围内实现微波隐身,而且可以使飞机表面的红外辐射下降 60% ~ 70%。其他国家如俄罗斯、英国等也大力发展红外隐身涂层在飞行器上的应用,如俄罗斯的图-160 海盜旗、英国的海鷹隐身导弹、法国的幻影 2000 战斗机、日本的 SX-3 隐身反舰导弹等^[1-4]。

本文选用了 3 种不同类型的红外隐身颜料,对比分析了它们的红外发射率特性及微波隐身兼容性。

1 实验

1.1 材料

HW-1 型铝粉(杆状,粒径为 60 μm)、HW-2 型铝

粉(杆状及片状,25 μm)、HW-3 型铝粉(片状,10 μm)、丙烯酸聚氨酯清漆、吸波底板。吸波底板是由掺混吸收剂的环氧树脂与玻璃布复合,通过模压工艺或热压罐工艺制备得到。

1.2 设备

电子天平(万泰 WT60001X)、高速搅拌机(谷瀑 JB-12KD)、烧杯等;喷涂设备包括高压气泵(GSX100)、吸上式喷枪(岩田 W-101-152S)、喷涂平台、气砂(豪瑞斯 SHD-216)等;测试设备包括涂-4 杯(精鼎 JD-507)、红外发射率测量仪(IR-2 型)、RAM 反射率弓形法测试平台、热红外成像仪(FLIR SC7000)。

1.3 过程

(1)对吸波底板进行均匀打磨,然后用原子灰刮补平板表面气孔。

(2)将红外隐身颜料及丙烯酸聚氨酯清漆按照一

定比例混合并搅拌均匀,加入一定量的专用稀释剂使其适合于喷涂。

(3)用喷枪在微波吸波材料表面进行喷涂,放入60℃烘箱中烘8 h 固化。

2 结果与讨论

2.1 涂层红外隐身性能

红外隐身涂料配方对涂层的红外发射率起决定作用,主要影响因素包括填料的漂浮类型、粒径大小、形貌、质量分数、涂层厚度等。3种颜料制备的涂层红外发射率测试结果见表1。可以得出以下结论:

(1)红外隐身填料的质量分数相同时,涂层厚度增加红外发射率下降;

(2)涂层厚度相同时,填料质量分数增加红外发射率下降;

(3)在相同质量分数和涂层厚度条件下,HW-3型铝粉具有最低的红外发射率。这是因为HW-3型铝粉喷涂后在稀释剂挥发份的带动下漂浮到涂层表面,形成一层准连续的金属薄膜,从而降低涂层的发射率。对上述红外隐身涂层进行红外成像分析,得到相同温度下不同涂层的红外辐射温度(表2)。

表1 3种填料的红外隐身涂层8~14 μm 红外发射率

Tab.1 The 8~14 μm infrared emissivity of three coatings

含量/ wt%	HW-1			HW-2			HW-3		
	20μm	40μm	80μm	20μm	40μm	80μm	20μm	40μm	80μm
15							0.60	0.58	0.58
20				0.83	0.71	0.65	0.44	0.43	0.44
25				0.73	0.68	0.52	0.35	0.37	0.34
30				0.65	0.51	0.27	0.25	0.25	0.27
35	0.87	0.81	0.76	0.62	0.44	0.16	0.17	0.18	0.16
40	0.85	0.82	0.70						
45	0.78	0.75	0.64						
50	0.74	0.70	0.49						
55	0.73	0.67	0.45						

表2 不同涂层在相同温度下的红外辐射温度

Tab.2 Infrared radiation temperature of different coatings

at same temperature

填料	含量/ wt%	涂层厚度 /μm	红外发 射率	红外辐射 温度/℃
-	-	-	0.99	100
HW-1	35	20	0.87	96.1
HW-1	40	40	0.82	86.8
HW-1	40	80	0.70	81.1
HW-2	25	80	0.52	72.3
HW-2	30	80	0.27	59.9
HW-3	15	40	0.58	74.1
HW-3	25	40	0.37	69.3
HW-3	30	80	0.27	60.1
HW-3	30	20	0.25	57.7

可以看出,红外辐射温度随红外发射率的降低而降低,当涂层具有较低的红外发射率时,可以较大程度

降低高温部件的红外辐射温度。

2.2 涂层微波隐身兼容性分析

红外隐身填料的质量分数对微波隐身兼容性的影响,以HW-3型铝粉(厚度为20 μm)为例,如图1所示。

(1)涂覆红外隐身涂层后,反射率曲线的峰值向低频方向移动,且随着红外隐身填料质量分数的增加,移动的频率也相应增加;

(2)涂覆红外隐身涂层后,低频频段内对雷达波隐身性能影响较小;高频频段内对雷达波隐身性能影响较大,且随着填料质量分数的增加,对雷达波隐身性能的影响也增加。

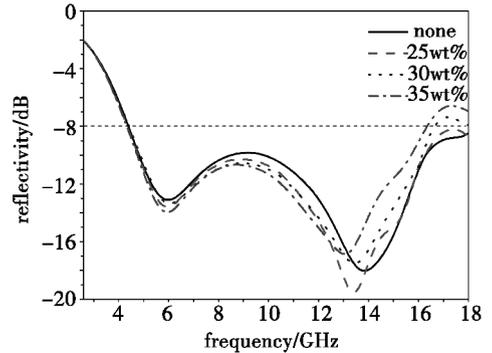


图1 质量分数对微波隐身兼容性的影响

Fig.1 Impact of mass percentage on microwave compatibility

红外隐身涂层厚度对微波隐身兼容性的影响,以HW-2型铝粉为例(图2)。红外隐身填料质量分数均为30%,涂层厚度分别为20、40、80 μm。

(1)涂覆红外隐身涂层后,反射率曲线的峰值向低频方向移动,且随着涂层厚度的增加,移动的频率也相应增加;

(2)涂覆红外隐身涂层后,低频频段内对微波隐身性能影响较小;高频频段内对微波隐身性能影响较大,且随着涂层厚度的增加而增加。

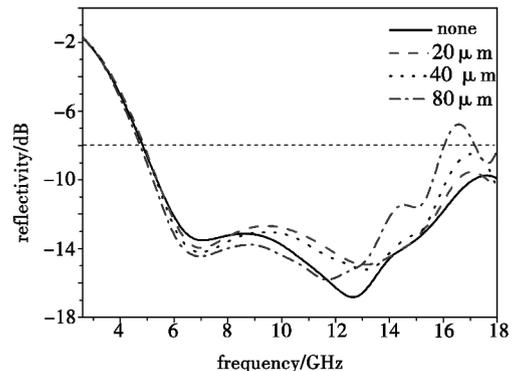


图2 红外隐身涂层厚度对微波隐身兼容性的影响

Fig.2 Impact of coating thickness on microwave compatibility

3种铝粉涂层在红外发射率相等时对微波隐身兼容性的影响如图3所示。三种涂层所用的填料分别为HW-1(55wt%,厚80 μm)、HW-2(35wt%,厚40 μm)、

HW-3(20wt% ,厚 20 μm),发射率均为 0.44。

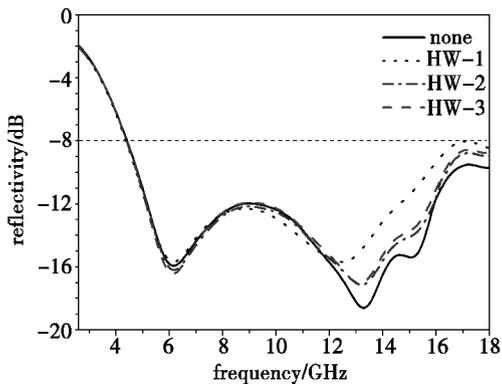


图3 红外隐身填料种类对微波隐身兼容性的影响

Fig.3 Impact of infrared stealth filler types on microwave compatibility

(1)虽然 3 种涂层的红外发射率相等,但由于铝粉形貌不同、质量分数不同、厚度不同,对雷达波隐身的兼容性也不同;

(2)HW-1 型铝粉红外隐身涂层发射率为 0.45 时,铝粉的质量分数和厚度均太大,导致对微波隐身的兼容性较差;HW-2 和 HW-3 铝粉红外隐身涂层对微

波隐身的兼容性较好;HW-3 型铝粉涂层的填料质量分数和涂层厚度均<HW-2 铝粉涂层。

3 结论

通过考察不同型号的铝粉对红外隐身涂层发射率及雷达兼容性的影响规律,研制出以粒径为 10 μm 的片状铝粉(HW-3 型)为填料,当其质量分数为 30%、涂层厚度为 20 μm 时,红外发射率达到 0.25 的红外隐身涂层。该涂层能大幅降低材料表面的红外辐射温度,且对微波隐身兼容性良好,在隐身武器装备领域有较好的应用前景。

参考文献

[1] 谷荣亮. 红外隐身涂层在导弹上的应用[J]. 制导与引信,2007,28:53-56

[2] 许鹏承. 红外隐身原理及发展[J]. 红外,2006,27:16-20

[3] 党芬. 武器装备中的红外隐身技术[J]. 红外技术,2006,28:50-53

[4] 王自荣. 红外隐身涂料颜料发射率研究[J]. 上海航天,2000(1):24-26

(编辑 吴坚)

(上接第 50 页)

(1)SiO₂ 气凝胶从室温到 1 100℃ 处理 30 min 后比表面积无明显变化,说明该材料在 1 100℃ 之前耐温性能较好。热导率随温度的升高不断增大,在 500℃ 的热导率为 21 mW/(m·K),之后会快速升高,在 800 和 1 000℃ 时分别为 39 和 61 mW/(m·K),说明了该材料具有较好的隔热性能;

(2)SiO₂ 透波气凝胶复合材料有良好的介电性能,介电常数在 1.28~1.39 可调、损耗角正切 ≤ 0.005 ;耐温性 $\geq 1 100^\circ\text{C}$ 、室温热导率 $\leq 20 \text{ mW}/(\text{m}\cdot\text{K})$;具有较好的力学性能。

综上所述:石英纤维增强的透波气凝胶隔热材料在 1 000℃ 范围内表现出良好的耐温性、介电性能,优异的隔热性能及较好的力学性能,因此可用于理想的透波/隔热材料。

参考文献

[1] 王亮,冯坚,姜勇刚,等. 隔热功能一体化材料的研究进展[J]. 材料导报,2012,26(10):1-4

[2] 王衍飞,张长瑞,冯坚,等. SiO₂ 气凝胶复合短切莫来石纤维多孔骨架复合材料的制备及性能[J]. 国防科技大学学报,2008,30(6):24-28

[3] 邓忠生,魏建东,王珏,等. SiO₂ 气凝胶结构及其热学

特性研究[J]. 材料工程,1909(12):23-25

[4] 董志军,李轩科,袁观明. 莫来石纤维增强 SiO₂ 气凝胶复合材料的制备及性能研究[J]. 化工新型材料,2006,34(7):58-61

[5] Pajonk G M. Some applications of silica aerogels[J]. Colloid Polym. Sci., 2003, 281: 637-651

[6] 姜小青,王丹,姚建曦,等. 高分子纤维增韧 SiO₂ 气凝胶复合材料的制备[J]. 稀有金属材料与工程,2009,38(2):354-357

[7] 唐磊,王夕聚. 耐高温隔热材料技术[M]. 北京:国防工业出版社,2013

[8] Morris C A, Theis R L, Miller R K et al. Improving the flavor of calcium chloride and lactic acid injected mature beef top round steaks[J]. Meat Science, 1997, 45(4): 531-537

[9] 方伟,李 焱. 某高超音速导弹用新型天线透波隔热装置设计[J]. 电讯技术,2012,52(9):1528-1531

[10] Meng Binshen, Booske John, Cooper Reid. A system to measure complex permittivity of low loss ceramics at microwave frequencies and over large temperature ranges [J]. Rev., Sci., Instrum., 1995, 60(2): 1068-1071

(编辑 吴坚)