

耐高温吸波涂料制备技术研究

黄田燕 夏斯艳 胡 翠 鲁学峰

贵州航天风华精密设备有限公司 贵州贵阳 550009

摘要:近年来,耐高温吸波涂料的发展越来越快,特别在航天、航空、海运、电子等领域。本文主要论述了耐高温吸波涂料的制备过程、性能测试及制备工艺研究,分析了耐高温吸波涂料与其他涂料的不同制备特点。结合涂料制备研究的经验,深入探索了耐高温吸波涂料制备过程中常遇见的问题。

关键词:耐高温吸波涂料;制备技术;发展趋势

1 引言

随着隐身技术的普及,耐高温吸波涂料的制备技术成为未来高超音速飞行器发展的重点。随着各类新型装备、飞行器的进一步增多,对隐身吸波的需求也越来越大。其中,由于耐高温吸波涂料耐高温、工艺实施性好,不需对武器装备外形结构进行改动,制成涂层后可直接用于产品上。因此,耐高温吸波涂料的制备将会得到广泛的应用及发展。耐高温吸波涂层在制备过程中不同于普通涂层,工艺施工过程难度较大,在工程化应用过程中会出现开裂、脱落及相容配套性差等情形;会造成材料本身的性能失效,从而不满足产品的使用。就工程化应用过程中会遇到的一些常见问题,进行了分析并提出相关解决方案。

2 耐高温吸波涂料配方研究

耐高温吸波涂料是以高分子树脂为基体材料,加入吸收剂及助剂,经一定的混合、研磨等工艺而成。涂料的主要成分包括主体树脂、吸波材料及助剂。

2.1 原材料筛选

a) 主体树脂

主体树脂是吸波材料的成膜物质,它决定着材料的主要力学性能与耐环境性能。目前常用于制备吸波涂层材料的主体树脂有环氧树脂、聚氨酯树脂等树脂。

b) 吸收剂

吸收剂是作为吸波材料中的填料,起到关键作用。吸收剂可分为电吸收剂和磁吸收剂,常用吸收剂有碳纳米管、碳化硅、特种碳纤维。特性铁氧体等吸收剂。

鉴于耐高温吸波涂料选用的吸收剂不但具有良好的吸波性能,还需具备良好的化学稳定性和环境适应性。综合分析,可选用石墨、碳化硅吸收剂及碳基铁粉的复合吸收剂材料。

c) 助剂

助剂是调配涂料必不可少的物质,是涂料最重要组成部分之一。助剂的加入能调节涂料的各项性能指标,如干燥时间、粘度、涂料的均匀性、以及涂料的流平性等,通过对固化剂的合适选用,不仅可以改变基体树脂的交联结构、热降解结构,提高交联密度、表面硬度,而且可改善树脂的静态耐热性能,实现中温或常温固化。通过对溶剂的合理运用,解决树脂、填料与溶剂的配套性,使树脂、填料及其它助剂能溶为一体,同时按需要调节涂料的粘度。另外还要对催干剂、杀菌剂、流平剂、消泡剂及附着力促进剂等的合理添加,保证吸波涂层的各项综合性能指标^[3]。本次配比选择的助剂有X-8, X-13等。

2.2 配方组成

在选择了耐高温吸波涂层材料各组分所采用的各种原辅料材料之后,根据理论计算,我们首先确定一个初始配方,在初始配方基础上进行性能测试,工程化验证等工作,在所有验证试验完成后再确定一个最终配方,具体见表1:

表1 耐高温吸波涂层材料最终配方

序号	原料名称	配比 (%)	备注
1	环氧树脂	10 ~ 15	基体树脂
2	1033树脂	15 ~ 20	
3	碳基铁粉	15 ~ 20	填料
4	石墨烯	10 ~ 15	
5	X-8	15 ~ 20	助剂
6	X-13	20 ~ 25	

3 性能检测

3.1 常规性能

作为一种特殊功能的吸波涂料,最终考核涂料的表现现在涂层的性能上,常规性能包括涂料粘度、细度、不挥发物、附着力、冲击强度、柔韧性、静态隔热[4]。具体见表2。

表2 吸波涂料的常规技术指标

序号	项目名称	单位	技术指标
1	涂料外观	—	目测
2	冲击强度	kg·cm	≥ 50
3	柔韧性	mm	≤ 3
4	附着力	级	≤ 3
5	粘度	s	50 ~ 70
6	细度	μ.m	≤ 60
7	密度	g/cm ³	≤ 4
8	不挥发物	%	≥ 70
9	干燥时间	h	≤ 96

3.2 隔热性能

为了验证吸波涂料隔热性能,喷涂吸波涂层试片测试其隔热性能,参考QJ20057.1—2011[11]中相关设备进行试验,加热设备采用箱式电阻炉,使用温度范围在0℃~1200℃,温控误差±5℃,炉内温差±5℃,升温速度在3℃/min~6℃/min。测试装置见图1。试片采用钢试片作为基材,外形尺寸为(100×100×1.2)mm;取一块钢试片(无涂层)作为对比样板,试样1-3为喷涂1mm±0.2mm吸波涂层,试验温度为550℃,加热时间150s,每隔10秒记录一次试片背温。测试结果如图2所示。

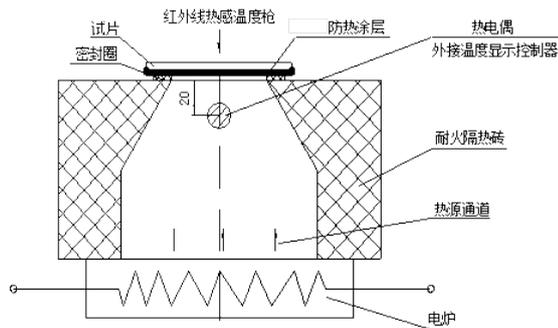


图1 测试装置

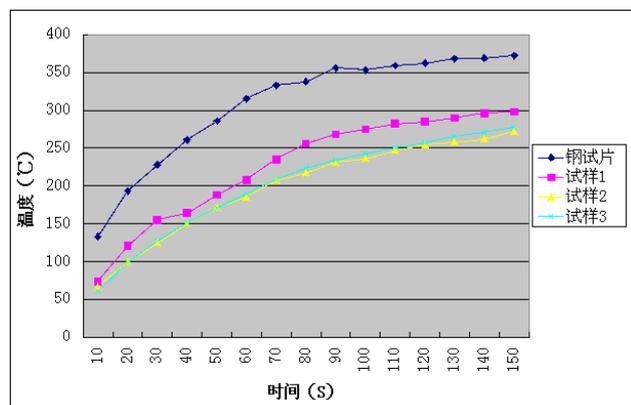


图2 吸波涂层试片550℃静态隔热试验背温随时间变化曲线

从图中试验结果可知,所有试片的升温曲线变化趋

势基本相同,前100s升温速度较快,之后升温速度渐缓,100s后基本趋于平稳。试片1~试片3在30s前的隔热效果相差较小,30s后的隔热温度相差约 $25 \pm 5^\circ\text{C}$,100s时,无涂层试片达到350℃左右,试片1~试片3背温约为270℃,隔热效果约为80℃~100℃。试验数据结合数值模拟,可以定性的评价涂层的隔热效果。

2.3 吸波涂层制备工艺

耐高温吸波涂料一般涂装工艺流程为:涂装前准备、绝缘保护、涂料调配、涂料喷涂、涂层固化、打磨、补吸波腻子。

2.3.1 涂装前准备

产品在加工、搬运过程中通常都容易生成和存在杂物。如油污、铁屑、灰尘等,从而会影响涂层的粘接性能及吸波性能等性能,不能直接进行喷涂。需作适当的表面处理。如清用溶剂样件的锈或腐蚀产物、油脂、尘粒等。涂装前的准备工作:用溶剂或者汽油清理干净被涂物表面并擦干,确保被涂物表面无多余物,这也是耐高温吸波涂料涂装前处理最关键和重要的手段之一。

2.3.2 绝缘保护

绝缘保护主要是为了保证被涂物表面不需喷涂的地方,绝缘一般用专用的绝缘物,如美纹纸、橡胶制品等,针对需要保护的地方选择合适的绝缘物,绝缘的时候一定要细致,绝缘的好坏直接影响外表面喷涂的质量。

2.3.3 涂料调配

涂料(A组分)与固化剂(B组分)配比为100:8~10(质量比)。使用前需将固化剂按质量比加入涂料(甲组分),搅拌均匀后方可使用。使用时可另用二甲苯溶剂调配至规定的粘度。涂料调配后使用时间为2h。

2.3.4 涂料喷涂

耐高温吸波涂层喷涂的厚度一般根据产品需求确定最佳的厚度,厚度一般都在0.6~0.8mm范围内,必须喷18~24道才能满足要求。且每道喷涂不超过0.03mm,每道喷涂完成后需等表干再喷涂下一道,喷的太急就易产生流挂现象。

2.3.5 涂料固化

为了避免涂层出现起泡、开裂现象,一般采用阶梯式升温模式,先在常温下自燃干燥24h,再中温固化24h,再高温固化12h,再自然干燥24h。

2.3.6 补吸波腻子

耐高温吸波涂层固化后。检查产品表面是否有凹陷、缝隙等缺陷,如有需用吸波腻子填补,吸波腻子在修补过程中需要注意涂刮的厚度及表面平整问题。待吸波腻

子涂刮完成并干燥后再用砂纸进行打磨, 确保表面平整, 打磨后应保证被涂件的平整、清洁。

3 常见问题及解析

3.1 起泡和流挂

在耐高温吸波涂料制作过程中, 由于填料吸收剂的比重问题, 且涂层喷涂到一定厚度, 极易造成耐高温吸波涂层出现流挂现象, 致使外表面平整度很差。耐高温吸波涂料中由于填料的分散性较差, 如未加助剂的情况下, 吸收剂由于比重大, 容易形成沉淀。经过多次试验表明: 使用分散剂具有润湿和分散作用, 可防止喷涂过程中的流挂。

3.2 喷涂均匀性

耐高温吸波涂料的喷涂与其他涂料相比, 由于产品的苛刻环境, 因而对涂层的制备及工艺实施过程比较严谨。涂层制作工艺过程对材料本身性能有一定影响, 为了确保耐高温吸波涂层喷涂的均匀性, 可以采取多次喷涂。每次喷涂涂料量、喷涂位置、喷涂厚度等要控制好。

3.3 涂层环境适应性

目前国内外耐高温吸波涂料采用的主体树脂是丙烯酸树脂、环氧树脂等树脂, 环氧树脂作为耐高温吸波涂料的主体树脂, 韧性好、伸展性好、工艺实施性好等优良性能, 用环氧树脂制备的耐高温吸波涂料, 在吸波涂层的工程化应用过程中, 随着高温、低温环境温度的变化, 涂层会产生应力开裂和脱落现象; 同时在温度较低时, 应采取相应的加温方式固化。聚氨酯树脂韧性较好, 但高温环境下粘接强度低, 会造成涂层起泡开裂现象。吸波涂层在实际应用过程中还会因为环境等因素造成剥落。

4 结论

本文设计和调配出喷涂某产品应用耐高温吸波涂料,

并对涂料进行了配方组合研究, 常规性能试验, 隔热性能试验; 试验结果表明, 耐高温吸波涂层材料具有较好常规性能和隔热性能; 同时对耐高温吸波涂层材料进行了工艺实施性研究及实施过程中常遇问题和分析, 结果可知, 耐高温吸波涂层工艺实施性良好, 适用于某产品外表面喷涂, 实现吸收特殊部位发出的电磁波, 以满足产品特殊部位吸波性能指标的技术要求。

参考文献:

[1] 防雷达波隐身涂料前处理工艺研究[J], 张德琪, 2004(6): 37—38, 四JII兵工学报。

[2] 吸波涂料概述[J], 王连杰, 高焕方2004, 33(6): 13—20, 表面技术。

[3] 舰艇雷达罩涂料筛选与涂装工艺研究[J], 张赞, 郭铭等, 2010, 13(2): 61—62, 现代涂料与涂装。

[4] “田口方法”在吸波涂料中的应用[J], 高焕方, 2005. 34(4): 67—68, 表面技术。

[5] 吸收剂对吸波涂料性能的影响[J], 吴友朋, 周友杰等, 2010 (01), 宇航材料工艺。

[6] 结构吸波复合材料的吸波性能[J], 刘京兰, 冯彬等, 2010 (02), 材料化学与工程学报。

作者简介: 1.黄田燕, 1991.07, 女, 汉族, 海南省琼海市, 本科, 工程师, 从事非金属材料研究!

2.夏斯艳, 1992.09, 女, 汉族, 贵州省贵阳市, 本科, 工程师, 从事电气工程设计!

3.胡翠, 1987.04, 女, 汉族, 贵州省贵阳市, 博士, 高级工程师, 从事非金属材料研究! 4鲁学峰, 男, 1991年3月, 汉, 贵州省贵阳市, 硕士研究生, 工程师, 非金属材料。