

某异型构件表面防热涂层的缺陷控制

李盼盼 乔懿元 胡建明 范一凡 王 猛 武德涛

(北京航天新凤机械设备有限公司, 北京 100854)



摘要: 以某典型异型构件为例, 探讨和研究非规则构件表面防热涂层常见的喷涂缺陷, 如气泡、起鼓、剥落、开裂等问题的产生原因。采用优化喷涂工艺、优化表面处理方法、控制环境温湿度、控制构件表面水分等有效的质量控制措施, 消除相应缺陷, 保证产品质量。

关键词: 防热涂层; 喷涂工艺; 缺陷控制

Defect Control of Surface Thermal Protection Coating on A Shaped Component

Li Panpan Qiao Yiyuan Hu Jianming Fan Yifan Wang Meng Wu Detao

(Beijing Aerospace Xinfeng Machinery Equipment limited liability Co., Ltd., Beijing 100854)

Abstract: In this paper, a typical profiled workpiece is taken as an example to investigate and study the causes of common defects such as bubbles, drums, spalling and cracking on thermal protection coating of irregular surfaces. The optimized spraying process and surface treatment methods are used, and environmental temperature and humidity, surface moisture of workpieces are controlled to eliminate the corresponding defect and ensure product quality.

Key words: thermal protection coating; spraying process; defect control

1 引言

防热涂层材料是一类重要的热防护材料, 因其工艺简单、产品结构适应性良好、周期短、成本低等诸多优点^[1], 在航空航天领域被广泛应用。例如飞行器的舱体、发动机及各种异型构件的外防热, 就主要采用防热涂层材料实现防护目的。防热涂料一般由基料、耐热颜(填)料、助剂和溶剂组成^[2]。研究发现, 防热涂层喷涂质量的优劣直接影响到防热涂层的防隔热效能和综合力学性能。与普通涂料相比, 防热涂料具有固含量高、颗粒度大、黏度高的特点, 易导致施工工艺不稳定; 同时, 为达到足够的抗烧蚀及防热性能, 防热涂层厚度需求较大, 是一般功能涂层厚度的 3~8 倍。尤其对于异型构件, 喷涂表面凹凸不平, 喷涂气流干涉区域较多, 防热涂层喷涂质量难以控制。

2 零件特点

某航天飞行器异型构件为厚壁铸件, 内凹面和外凸面均需喷涂防热涂层。凹面和凸面均存在大量立筋和凹角, 为不规则构件, 无法实现自动喷涂, 只能通过手工作业方式实现防热涂层涂覆。在最初试验的批次产品中, 经常出现起鼓、裂纹、剥落等缺陷, 成品率较低, 因此分析研究该异型构件。

3 缺陷及其原因分析

3.1 气泡缺陷

由于防热涂层厚度大, 涂料中的空气和溶剂不易在涂层表面干燥前及时充分地挥发出来。这些空气、溶剂等夹杂在涂层中, 会形成气泡, 破裂后就在涂层表面形成了气泡缺陷, 若气泡特别小, 缺陷则表现为针孔^[3]。异型构件表明涂层气泡缺陷及局部放大照片, 如图 1 所示。



图1 异型构件表面涂层气泡缺陷

3.2 起鼓缺陷

涂层喷涂后、未固化前，局部区域会出现涂层被顶起，即起鼓现象，将起鼓部位的涂层拨开，底漆与涂层脱开。发生该问题的区域多为孔内或凹角区域，此类区域由于气流流动过程中的相互影响，最终导致隔热涂层所配底漆较厚，隔热涂层喷涂时底漆未能完成固化，二者交互作用，涂层与底漆不能有效连接，发生起鼓现象。

为证实该原因，采用相同的铸铝基材设计了两组试片进行对比验证实验：一组试片喷涂底漆厚度偏厚（0.1~0.2mm）；另一组试片喷涂正常底漆厚度（不大于0.1mm）。严格按照涂料使用说明书要求，同时在上述两组试片上分别喷涂隔热涂料。涂料完成喷涂后晾晒过程中，喷涂底漆厚度偏厚的试片复现了起鼓问题，而正常状态的试片，其表面涂层细实平整、并无异样，验证了上述该缺陷原因分析的正确性。

3.3 剥落缺陷

涂层表面出现鳞片状脱落，脱落的涂层强度低，未正常完成固化，与基材失去粘接力。造成涂层剥落的主要原因：基体表面存在油脂、水、霜、锈蚀、灰尘等杂质；涂料基料与固化剂组分混合不充分，部分涂层无法固化，如图2所示。



图2 涂层剥落缺陷

3.4 开裂缺陷

涂层表面出现撕裂、龟裂或细微裂纹，危害涂层整体强度。主要原因为涂层过厚。过厚的涂层会将正

常的应力放大，造成开裂。且此缺陷在北方冬季施工中更为常见。如北方冬季的喷涂现场温度若为-5℃，完成固化的隔热涂层从50℃烘房内出来，剧烈的温差作用在较厚的涂层上，涂层与基材、涂层内部热应力增强，更易诱发涂层出现开裂缺陷。如图3所示，由于该区域涂层过厚，涂层表面出现了细微裂纹。



图3 涂层开裂缺陷

4 解决措施

4.1 气泡的解决措施

- 保持喷涂现场清洁，且通风良好；
- 保持空气干燥，以相对湿度低于70%为宜；
- 控制每遍涂层厚度不大于0.2mm，每遍涂层间隔120min。

4.2 起鼓的解决措施

由于异型构件的底漆喷涂厚度较难保证均匀，尤其是角落和凹槽处的底漆厚度无法准确控制，因此为保证喷涂后的漆膜能够固化完全，通过试验优化了底漆固化制度，由原来的120℃烘烤3h更改为120℃烘烤5h。

4.3 剥落的解决措施

- 对基材表面进行严格的表面处理，包括物理手段和化学方法；

- 喷涂前产品表面的油污、异物要彻底清洗干净，必要时用砂纸打磨或喷砂处理；

- 产品喷涂前注意油污清洗的同时，需保证待喷涂产品表面为干燥无水状态。尤其对于铸件产品，产品吸潮、沾水后不容易挥发出来，可在60~80℃的环境下干燥30min左右，使基材内壁及表面水分彻底排放出来。产品在存放、搬运等过程易引入水分的风险点包括：产品在高湿环境下长期存放（>75%）；产品下雨露天搬运；产品表面发生结露，例如：夏天产品从空调室搬运到室外，极易发生结露现象；其它外界因素。

4.4 开裂的解决措施

- 控制涂层厚度满足工艺要求;
- 控制喷涂现场温度在 10~30℃ 范围内;
- 防热涂层固化完成后, 出烘房温度低于 40℃。

5 结束语

隔热涂层的喷涂质量对于涂层的热防护性能和结构强度具有极为重要的影响,因此必须严格控制涂层缺陷。经过试验验证,采用以上缺陷控制手段,在某异型构件上喷涂施工得到平整细实的涂层产品,并可实现稳定作业。经外观检查、超声 C 扫描均未发现气

(上接第 41 页)

新建立动态坐标系完成产品的再定位，然后依次测量相关内容，最后将测试的数据以及测试的结果输出，并标注在人机界面 2 号相机位置处的显示控件上。其他工站相机根据各自的情况，各自预处理图像的再处理^[3]。

4.4 通讯模块的软件设计

通讯模块的软件设计，主要针对 PC 端与 PLC 端的通讯设计，整个流程简述为 PLC 通过 IO 方式外部触发各个工业相机拍照，相机被触发后拍照，PC 获取了拍照完成信号后，通过软件获取相机图片并处理和分析数据，然后通过 IO 板卡的 IO 点将处理结果传送至 PLC 并得到结果，综合四台相机判断结果，在分拣区域分拣良品与不良品^[4]。单台相机的通讯工作流程图见图 5。

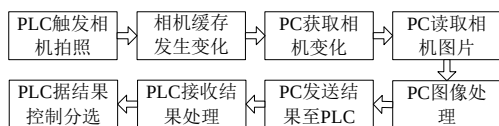


图5 单台相机的通讯工作流程图

5 试验

完成视觉系统设计后,在多台全自动检测机中测试,每台设备的各个工位处理时间低于 50ms,保守估计每秒钟可完成至少 5~10 颗料的检测工作。相对于

泡、起鼓、裂纹和剥落等缺陷,涂层粘接强度达到了7.0MPa 以上,满足设计指标要求,有效地保证了不规则复杂构件的防热涂层施工质量和成功率。

参考文献

- 1 马天信, 李晓奋. HG 系列隔热隔热涂层的研究及其性能试验[J]. 航天制造技术, 2015(4): 1
- 2 王百亚, 王秀云. 一种航天器用外热防护涂层材料研究[J]. 固体火箭技术, 2005(3): 216~217
- 3 林平, 辛全友. 隐身涂料喷涂缺陷及质量控制[J]. 工程塑料应用, 2013(4): 47~49

6 结束语

人工操作而言，人工产出约 10000 只/h 产品，而设备检测理论上可以将产能翻一番，并且可以 24h 工作，另外人工检测是一个筛选板同时筛选上百只料，而设备相当于四个人同时在一颗一颗产品检测，不仅效率有大幅提升，检测的细致程度也有所提高。

机器视觉技术在提升产品生产效率和提高产品质量方面为军民元器件生产做出大量贡献。本文设计的一种全自动检测元器件外观设备的视觉系统,经过理论设计、实际装配、调试,实现了产品高速检测功能,以及对每个产品的外观关键参数全面检测。不久的将来,将会广泛应用于元器件生产企业的高速检测等领域。

参考文献

- 1 陈树学, 刘萱. LabVIEW 宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2011
- 2 杨乐平, 李海涛, 赵勇. LabView 程序设计与应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001
- 4 王磊, 陶梅. 精通 LabVIEW8.0[M]. 北京: 电子工业出版社, 2010
- 3 张宏群, 仓彬彬. 基于 LabVIEW 的气象监测系统[J]. 虚拟仪器与应用, 2010(24): 152~154