

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2014.10.016

共固化蜂窝夹芯结构复合材料的蜂窝收缩问题研究

高爱娟^{1,2}, 孟祥敏^{1,2}, 孙广先^{1,2}, 刘冬³

(1. 中国航空工业集团济南特种结构研究所, 济南 250023; 2. 高性能电磁窗航空科技重点实验室, 济南 250023;

3. 空军驻济南地区代表室, 济南 250023)

摘要: 介绍了蜂窝夹芯结构复合材料共固化成型的特点, 对蜂窝厚度较大的夹芯结构复合材料的热压罐共固化成型工艺进行了研究。通过将蜂窝边缘使用层压板和蜂窝灌封料组合固定等方法, 解决了传统共固化工艺条件下蜂窝滑移、收缩、产生缺陷等技术难题。

关键词: 蜂窝; 夹芯结构; 复合材料; 蜂窝收缩; 共固化

中图分类号: V261.97 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2014)10-0069-03

Research on Honeycomb Contraction in Honeycomb Core Sandwich Co-curing Composite

Gao Aijuan^{1,2}, Meng Xiangmin^{1,2}, Sun Guangxian^{1,2}, Liu Dong³

(1. Research Institute for Special Structures of Aeronautical Composites, AVIC, Jinan 250023, China;

2. The Aeronautical Science Key Lab for High Performance Electromagnetic Windows, Jinan 250023, China;

3. Air Force Stationed in Jinan Military Representative Office Area, Jinan 250023, China)

Abstract: The characteristics of honeycomb core sandwich co-curing process were introduced, and the autoclave co-curing technology of core sandwich composite with thicker honeycomb was studied. By fixing honeycomb edge with laminate and potting compound, the technical problems including honeycomb slippery, contraction and other defects which occurred in traditional co-curing process were solved.

Keywords: honeycomb; core sandwich; composite; honeycomb contraction; co-curing

先进复合材料共固化制造的主要特点就是成本低^[1-4], 因此在航空航天领域得到越来越广泛的应用, 其工程应用的结构形式也呈现出多样化、复杂化等特点。Nomex 蜂窝夹芯结构共固化成型中, 传统工艺只适用于蜂窝厚度较小且型面简单的制件; 而对于蜂窝厚度变化大、型面复杂的制件, 传统工艺控制下常会产生蜂窝滑移等质量问题。导致蜂窝产生质量问题的原因, 一方面是由于蜂窝芯材内刚度较低, 另一方面与制件胶接固化时工艺控制不当有很大关系, 尤其是将厚度大的蜂窝夹芯结构包裹在上、下蒙皮之间进行共固化时, 在外压作用下更容易引起蜂窝边缘滑移收缩、面内收缩、塌陷等工艺缺陷。

笔者以某飞机复合材料整流罩制造工艺为例, 介绍其共固化工艺。整流罩制件结构属于 A 夹层, 具有蜂窝边缘厚度变化大的特点, 通过合理可行的工艺方法, 避免了传统热压罐共固化时厚度大蜂窝夹芯复杂结构制件成型过程中产生的蜂窝边缘滑移、收缩问题。

1 实验部分

1.1 原材料

玻璃纤维 (GF)/ 环氧树脂 (EP) 预浸料: MXB7701 / 7781, III 类, B 级, 1500 mm, 氰特工程材料 (上海) 有限公司;

Nomex 蜂窝芯材: HRH-10-1 / 8-3.0, 3 型, 2 类, A 级, 厚度 20 mm, 美国 M. C. Gill 公司;

胶膜: FM94K, 2 型, 1 类, A 级, 氰特工程材料 (上海) 有限公司;

泡沫胶: FM490A, 1 型, 2 类, 50 级, 氰特工程材料 (上海) 有限公司;

蜂窝灌封料: Epocast 1619A / B, 氰特工程材料 (上海) 有限公司。

1.2 主要仪器与设备

热压罐: 直径 4300 mm, 高度 8000 mm, 中航工程集成设备有限公司;

自动下料机:DCS2500型,美国格柏科技有限公司;

激光投影仪:LaserEdge LPS7H型,加拿大Virtek公司;

五坐标数控铣床:GTF2820-6000型,意大利菲迪亚公司;

烘箱:50A型,淄博飞燕仪表厂。

1.3 蜂窝夹芯结构复合材料制件制造

复合材料制件由上、下蒙皮(GF/EP预浸料)、蜂窝芯层、层压板(GF/EP预浸料,厚度为4 mm)和蜂窝灌封区(厚度为4 mm)组成,典型结构见图1。其中蜂窝芯层、灌封区和层压板均铺贴在上、下蒙皮之间。

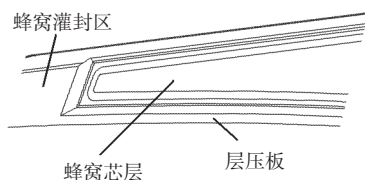


图1 蜂窝夹芯结构复合材料制件结构示意图

(1) 蜂窝边缘角度修形。

蜂窝芯材厚度为20 mm,对边缘采用五坐标数控铣床整体变厚度加工。将蜂窝左右和下边缘宽度30 mm处的厚度由20 mm变化至4 mm,蜂窝上边缘宽度10 mm处厚度由20 mm减小至0 mm。

(2) 蒙皮制造技术。

采用FIBSIM复合材料专用软件分析蒙皮的各个铺层,按照规则将每层分解为下料单元,并编成下料文件和投影文件;采用自动下料机下料,在成型模具上按激光投影仪投影铺贴蒙皮。将紧贴蜂窝上下面的一层蒙皮余量处采用玻璃布栓系的方法固定在模具上。

(3) 固化工艺。

稳定化处理工艺为压力27~34 kPa,温度 $(126.7 \pm 5.6)^\circ\text{C}$,时间70 min;共固化工艺为压力 (300 ± 35) kPa,温度 $(126.7 \pm 5.6)^\circ\text{C}$,时间100 min。

1.4 性能表征

使用激光投影仪测试蜂窝偏移位置。

2 结果与讨论

2.1 蜂窝夹芯结构复合材料共固化制造工艺改进前存在的问题

(1) 改进前的工艺方法。

改进前复合材料制件的制造工艺方案如下:提

前数控加工蜂窝边缘,然后对蜂窝进行稳定固化。成型时先铺贴下蒙皮、胶膜,再铺贴已稳定化处理好的蜂窝、灌封区及层压板(三者之间采用未固化的发泡胶粘接),然后铺贴胶膜、上蒙皮,最后放入热压罐进行共固化,共固化结束后对产品进行无损检测。工艺流程见图2。

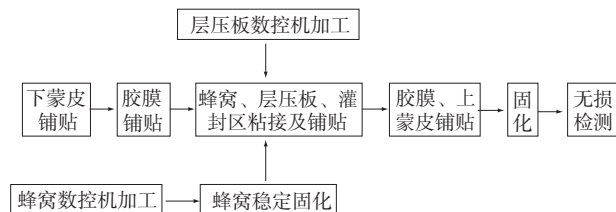


图2 工艺改进前蜂窝夹芯结构复合材料制件共固化工艺流程

(2) 工艺改进前存在的问题。

这种方法存在的问题是复合材料制件共固化结束后,蜂窝上边缘或下边缘出现严重的收缩现象,见图3。这是因为蜂窝密度低,高度较高,厚度变化较大,在热压罐压力下使厚度变化剧烈区域的蜂窝产生侧滑或压缩,导致蜂窝边缘严重收缩。

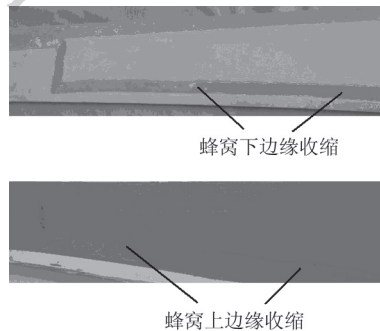


图3 蜂窝上下边缘收缩

对于蜂窝来说,蜂窝的平压强度比较高,但横向和纵向则不具备高的承压能力^[5],因此在热压罐压力下,蜂窝的斜边区域受到了非常大的侧向压力,见图4。蜂窝斜边区域角度越大,受到的侧向压力越大,蜂窝收缩得越严重。

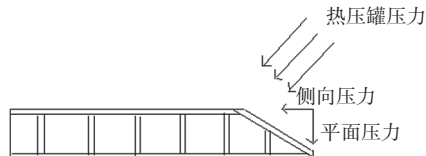


图4 在热压罐压力下蜂窝受力示意图

2.2 蜂窝夹芯结构复合材料共固化制造工艺改进后的效果

(1) 改进后的工艺方法。

改进后的工艺流程见图 5。

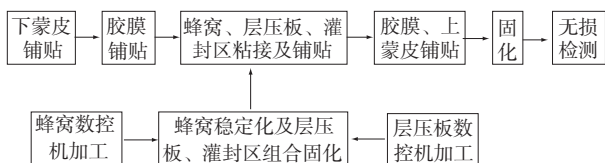


图 5 工艺改进后蜂窝夹芯结构复合材料制件共固化工艺流程

①蜂窝稳定化处理及灌封料、层压板组合技术。将整体机加的蜂窝边缘斜边上、下面铺贴中温固化胶膜和预浸料,蜂窝左右边缘采用发泡胶与灌封料连接,蜂窝下边缘采用发泡胶与层压板连接,然后在烘箱固化形成组合体,见图 6。



图 6 蜂窝稳定化处理及灌封料、层压板固化后形成的组合

②蜂窝、层压板和灌封料组合体的铺贴。先铺贴下蒙皮,再采用激光投影仪进行投影定位,然后将①中的蜂窝、层压板和灌封料固化后形成的组合体按照投影线位置铺贴在下蒙皮上,最后铺贴上蒙皮。

(2) 工艺改进后的效果。

将工艺改进后的复合材料经热压罐固化,蜂窝未发生偏移,见图 7。对蜂窝夹芯复合材料制件采用声阻抗无损检测未见到超差缺陷,边缘厚度满足工艺要求。这是由于蜂窝四周借助层压板及灌封区的拉力作用,收缩明显降低。

3 结语

多批次制件制造结果表明,蜂窝左右边缘采用发泡胶与灌封料固化粘接,下边缘采用发泡胶与层压板连接,在烘箱固化形成整体,将其铺贴在上下蒙皮之间,然后放进热压罐进行共固化,这一工艺方法有效解决了蜂窝夹芯结构复合材料制件成型时蜂窝边缘收缩的问题,该方法显著提高了产品成型质量。

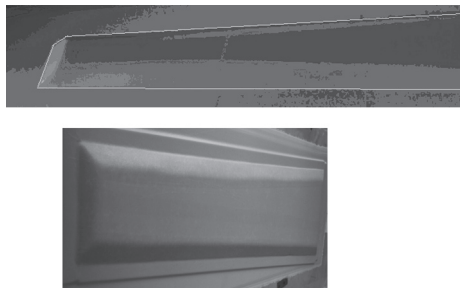


图 7 工艺方法改进后制造的蜂窝夹芯复合材料制件

参考文献

- [1] 原崇新,李敏,顾轶卓,等.蜂窝夹层结构真空袋共固化工艺过程实验研究[J].复合材料学报,2008,25(2):57-62.
Yuan Chongxin, Li Min, Gu Yizhuo, et al. Experimental study of the cocure process with the vacuum bag method for honeycomb sandwich structure[J]. Acta Materiae Composite Sinica, 2008, 25(2):57-62.
- [2] 赵鹏飞,赵景丽,何颖.共固化成型无人机用复合材料蜂窝夹层结构面板的性能[J].玻璃钢/复合材料,2009(1):62-64.
Zhao Pengfei, Zhao Jingli, He Ying. Mechanical properties of panels of co-cured sandwich structure[J]. The Glass Steel Composite Journal, 2009(1):62-64.
- [3] 赵渠森.先进复合材料手册[M].北京:机械工业出版社,2003.
Zhao Qusen. Advanced composite materials[M]. Beijing: China Machine Press, 2003.
- [4] 赵景丽.蜂窝夹层结构复合材料的性能研究[D].西安:西北工业大学,2002.
Zhao Jingli. Study on the properties of honeycomb sandwich structure composite[D]. Xi'an: Northwestern Polytechnical University, 2002.
- [5] 毕红艳,段友社,陈永清,等.复合材料蜂窝夹层结构的共固化成型工艺研究[C].第17届全国复合材料学术会议论文集,2012:670-674.
Bi Hongyan, Duan Youshe, Chen Yongqing, et al. Study on the process of co-cured sandwich composite structure[C]. Assembly Documents of 17th National Conference on Composite Materials, 2012:670-674.

SABIC 新型 PP 应用于医用塑料计量杯

Sabic 公司日前宣布,其新型医用级 PP PCGR40 已被药物包装公司 Bormioli Rocco 相中,用以生产透明医用塑料计量杯。

Sabic 方面表示,作为塑料原料,该医用级 PP 较传统 PS 或 PP 材料更加透明,是生产塑料计量杯的理想材料。此外,PCGR40 完全符合欧盟监管条例对医用塑料的严格要求。

“秉承着创新推动发展的原则,我们与 Bormioli Rocco

公司展开了密切的合作。我们能够理解客户所面临的激烈市场竞争与严峻挑战,因此多年来一直致力于研制低成本、高附加值的材料。从而增强他们核心产品的综合实力。”Sabic 医疗产品业务部经理 Hery Randrianantoandro 说道。

对于此次合作,Bormioli Rocco 表示有了 Sabic 的大力支持,公司拟将在今年下半年生产 2000 万只医用塑料计量杯。而 2015 年其产能将会进一步扩大。(工程塑料网)