

doi:10.3969/j.issn.1001-3539.2019.07.016

碳纤维增强塑料机载机箱模压成型装置的设计

贾鹤, 宋桂珍, 程建明, 郭晓君, 扶肖肖

(太原理工大学机械工程学院, 太原 030024)

摘要: 某碳纤维增强塑料机载机箱两端开放, 且四边均有内侧凹, 拟采用碳纤维织物浸渍树脂铺叠, 多层交错, 然后热压的工艺成型。据此成型需求, 设计开发了组合式的内部模块与外部模块的模压成型装置。该成型装置的内部模块包括 10 个成型部件及其限位件、导向件和驱动装置, 解决了内部模块抽芯难题, 可实现碳纤维浸渍铺叠前的准确对合和铺叠过程中的适应性转动。成型装置的外部模块分上中下三部分, 包括 1 个底托、中部 4 个成型部件和上部 4 个成型部件及其驱动装置, 各成型部件可分别从 9 个方向压向铺叠好的浸渍碳纤维织物, 不会有刮胶现象, 最终靠限位件确保碳纤维增强塑料机载机箱的壁厚精度。设计的成型装置操作方便, 成型精度高, 为复杂碳纤维增强塑料构件成型装置的设计提供了借鉴。

关键词: 碳纤维增强塑料; 浸渍树脂铺叠; 模压成型; 成型装置

中图分类号: TQ320.5+2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3539(2019)07-0088-05

Design of Compression Molding Device for Carbon Fiber Reinforced Plastic Airborne Chassis

Jia He, Song Guizhen, Cheng Jianming, Guo Xiaojun, Fu Xiaoxiao

(College of Mechanical Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract : A carbon fiber reinforced plastic airborne chassis is open at both ends and has inner concave on each side. It is intended to be laminated with carbon fiber fabric impregnated resin, interlaced with multi-layer, and then hot pressed. According to the requirements of molding, a combined compression molding device of internal module and external module was designed and developed. The internal module of the molding device includes 10 forming parts and their limit parts, guide parts and driving devices, which solves the problem of core pulling of the internal module and can realize the accurate matching before impregnation and stacking of carbon fiber and adaptive rotation in the process of stacking. The external module of the molding device is divided into three parts: the base forming part, four middle forming parts, four upper forming parts, and their driving device. The forming parts can press the laminated impregnated carbon fiber from 9 directions respectively to avoid the phenomenon of scraping. Finally, the limiting parts are used to ensure the wall thickness precision of the carbon fiber reinforced plastic airborne chassis. The designed molding device is easy to operate and the forming precision is high, which provides reference for the molding device design of complex carbon fiber reinforced plastic component.

Keywords : carbon fiber reinforced plastic ; impregnated resin stacking ; compression molding ; molding device

目前, 机载机箱常选用一种树脂基复合材料——碳纤维增强塑料来成型, 其基本流程是将碳纤维织物浸渍树脂使其软化, 逐层叠加至设计尺寸, 最后通过模压进行成型。

碳纤维增强塑料件成型工艺主要有热压罐成型与模压成型等^[1-2]。热压罐系统庞大, 结构复杂,

属于压力容器, 其投资大、成本高。而模压成型系统相对成本低, 且可用模具成型制件的所有表面, 从而使制件的内外表面均能获得很高的外观质量^[3-4]。

模压成型工艺作为理想的碳纤维复合材料罐外热压工艺, 不仅缩短了成型周期、提高生产效率, 且具有制件的尺寸精度高、表面光洁度好, 生产成本

基金项目: 山西省自然科学基金项目 (2013011024-1)

通讯作者: 宋桂珍, 博士, 副教授, 主要研究方向为机械优化设计 E-mail : gzh_s@163.com

收稿日期: 2019-03-27

引用格式: 贾鹤, 宋桂珍, 程建明, 等. 碳纤维增强塑料机载机箱模压成型装置的设计 [J]. 工程塑料应用, 2019, 47(7) : 88-92.

Jia He, Song Guizhen, Cheng Jianming, et al. Design of compression molding device for carbon fiber reinforced plastic airborne chassis[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(7) : 88-92.

相对较低,可实现复杂结构件的一次成型等特点,另外模压成型的制件内纤维取向性好,制件的强度、刚度相对较高,因此成为碳纤维复合材料的一种重要成型工艺。

笔者针对某集团的两端开放、八边内翻的碳纤维增强塑料机载机箱的成型需求,设计开发了一套可自如回转铺叠浸渍碳纤维织物且能确保内外表面质量的模压成型装置。该成型装置主要由组合式的内部模块和外部模块构成,组合式的内部模块可实现碳纤维织物浸渍层的全方位铺叠,组合式的外部模块可对铺叠在内部模块上的碳纤维织物浸渍层进行施压成型和余料收集。

1 机载机箱的结构及技术难点

1.1 机载机箱的结构

图1是某碳纤维增强塑料的机载机箱,外形尺寸为 $194\text{ mm} \times 120\text{ mm} \times 320\text{ mm}$,两端开放且四边均有 13 mm 的内侧凹,底部有 1.6 mm 的外凸缘,均匀壁厚 2 mm 。

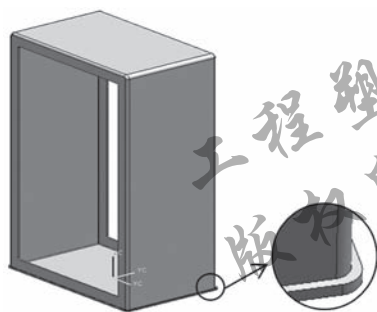


图1 机载机箱

1.2 技术难点

机载机箱材料中的增强材料选用具有高比强度、高比模量、高阻尼、耐疲劳、耐腐蚀等特点的碳纤维织物^[5-7],碳纤维丝的直径为 $0.7\text{ }\mu\text{m}$ 。采用的成型方式为缠绕模压法,首先将碳纤维织物浸渍树脂,将其铺叠在组合式的内部模块上,直至设计的尺寸,接着闭合组合式外部模块对碳纤维织物进行挤压,将其多余的树脂通过余料槽挤压出去,最终通过加热保压完成固化成型。碳纤维增强塑料机载机箱成型装置的设计与加工难点主要有以下几个方面:

(1) 预浸胶的碳纤维增强塑料采用模压的成型方式进行产品成型,容易出现气泡或空穴。

(2) 机载机箱两侧均有内凹,增加了模压装置的复杂性,且受尺寸的限制,增加了模压装置内部抽芯的难度。

(3) 模压成型装置选用的材料为45#钢^[8],为难

加工材料,且成型装置外部加热棒安装孔的孔径比部分达到20以上,增加了钻孔的难度,极易造成钻头折断。

(4) 成型装置需要加工的孔数量较多,且多为小径孔,若加工过程中钻头折断在内部,则会增加加工成本以及加工时间。

2 成型装置设计

该箱体结构虽然不复杂,但两端各4边4角共16处内凹,增加了成型装置的结构复杂性。考虑到机载机箱的屏蔽型,因此机载机箱不能拼接而成,故选用一体成型进行缠绕模压。因带有折边且需要一体成型,故成型设备分成两大部分:成型机载机箱内表面的组合式内部成型模块和成型外表面的组合式外部成型模块。

2.1 内部成型模块设计

(1) 模压装置的内部成型模块。

由于机载机箱开放的两端四边均有内凹,受尺寸限制,模压装置的内部抽芯存在很大难度,不能进行一步成型,需要分布设置内部模块才能满足成型要求,为此将机载机箱的内部空间划分为5个规则部分共10个小部分,如图2所示。其中,模块5的功能是方便碳纤维织物对机载机箱四角的成型,模块2通过T型槽与模块5配合,以便模块5的抽芯运动。模块3与模块4成型机载机箱的其它部位,驱动模块1则负责抽出模块3和模块4。

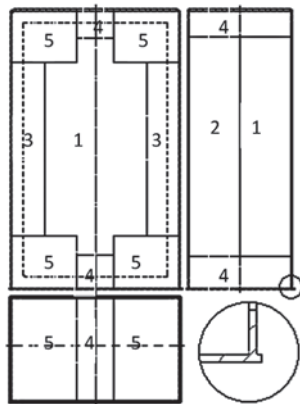
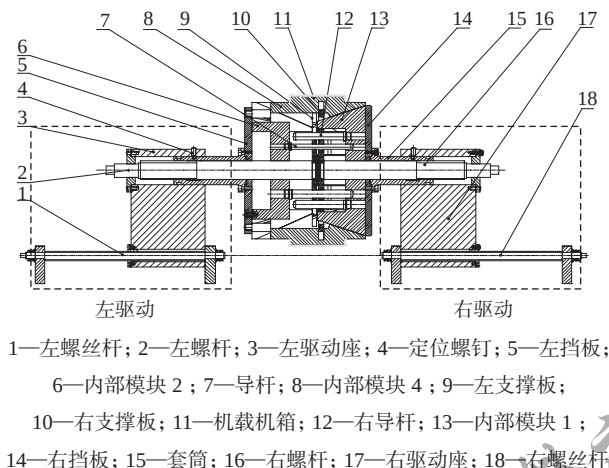


图2 内部模块空间划分

内部模块1与3、4,内部模块2与5均为T形槽与斜滑块间的配合关系^[9],模块3和模块4通过固定支撑板与模块1连接,模块2与模块5同样是通过固定支撑板连接。各模块间的运动顺序如下:首先从箱体一侧驱动模块1,其上的T型槽将驱动模块3与模块4沿固定支撑板向内收而抽芯,另一侧驱动模块2,其上的T型槽驱动模块5沿固定支

撑板四边内收而抽芯。内部模块的总体结构如图3所示,其中包括限位件、导向件和驱动装置。通过左驱动装置使成型四个内角的内部模块5完成侧向抽芯,通过右驱动装置使成型左右共8段直折边的内部模块3,4完成内侧抽芯,最终实现碳纤维织物浸渍层的全方位自如铺叠,精准抽芯,精确复位,安全运行。图4为内部模块开启完毕后的状态。图5为内部模块合模完毕后的状态。



1—左螺杆;2—左螺帽;3—左驱动座;4—定位螺钉;5—左挡板;
6—内部模块2;7—导杆;8—内部模块4;9—左支撑板;
10—右支撑板;11—机载机箱;12—右导杆;13—内部模块1;
14—右挡板;15—套筒;16—右螺帽;17—右驱动座;18—右螺杆

图3 内部成型模块总体结构

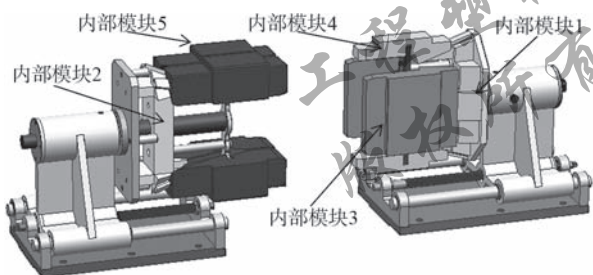


图4 开模结束时各内部模块部件位置关系

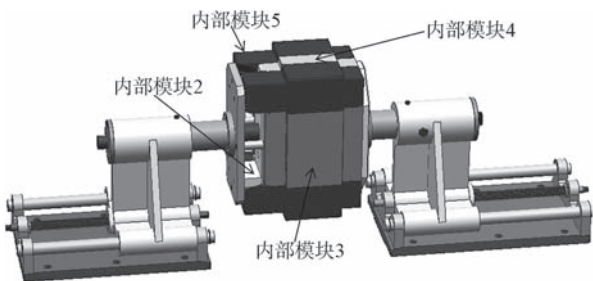


图5 合模后各内部模块部件位置关系

(2) 内部成型模块的部分结构设计。

由上述可知当内部模块结束合模之后,可自如旋转铺叠碳纤维织物,实现此功能的结构如图6所示。

内部模块驱动装置实现碳纤维织物自如旋转铺叠到内部模块上,实现此功能的零件为套筒。

图7为内部模块驱动装置上的套筒二维图,定

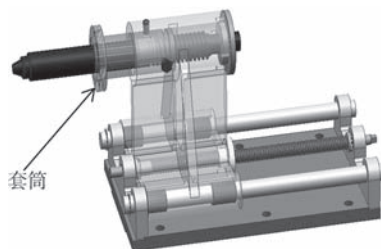


图6 内部模块驱动装置

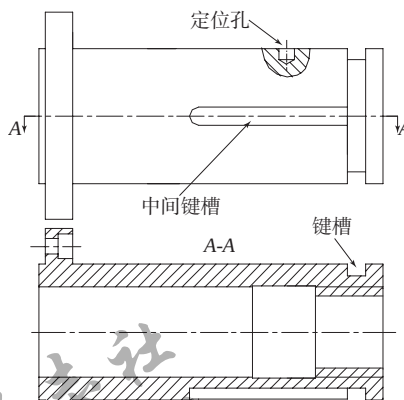


图7 套筒

位孔的作用为对模压装置的内部模块进行定位,中间键槽的作用为导向作用,右侧的键槽保证内部模块可自如回转以方便碳纤维织物的回转铺叠。

图8为内部模块5的支撑板,上下两个通孔对安装在内部模块2的圆柱体起着导向的作用。中间大通孔起到对内部模块2和5的导向作用以及对内部模块5的支撑作用。

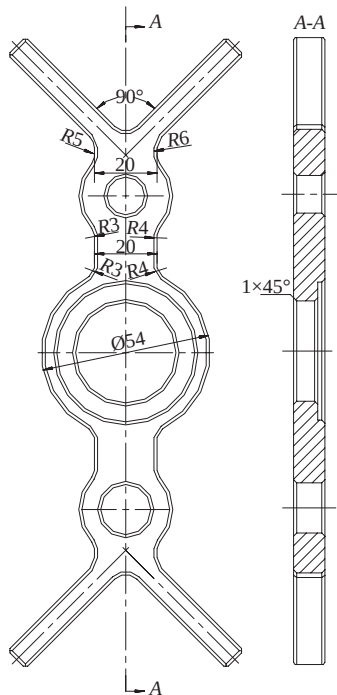
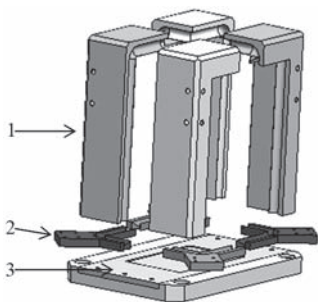


图8 支撑板

2.2 外部成型模块设计

(1) 模压装置的外部成型模块。

图9示出成型装置的八板式成型方案。



1—外模上部; 2—外模中部; 3—外模底部

图9 八板式成型

成型装置的外部模块首先考虑整体式结构^[10],但因机载机箱结构的特殊性,整体式不能满足铺叠在内模上的碳纤维织物浸渍层的施压成型,而且不符合外部模块的开合模要求,故不选用。而两板式和四板式的成型方案,皆因存在刮料现象,而且盒体的结构形状不能满足开合模要求,故亦不选用。最终确定外部模块设计采用八板式的外模方案,满足外部模块开合模要求。

外模上部成型机载机箱的上部,且压制时采用的是空间 45° 的运动方向,因此不存在刮料现象,在外模上开设合适的圆槽可以满足余料收集的要求。外模中部成型机箱的折边,且开设圆槽,满足余料收集。外模底部成型机箱的底边,选用的制造材料为聚四氟乙烯,防止取制件时发生粘连。外部三部分的模块在进行压制碳纤维织物时的运动顺序为:首先外模底部向上托压,进行机箱底部的成型;其次通过外部模块驱动装置驱动外模上部和外模中部运动,外模中部成型机箱的折边,此时外模上部与碳纤维织物不接触;最后旋转外部模块驱动装置的螺杆驱动外模上部以一定的空间角度成型机箱的上部。

外部模块驱动装置的作用主要是驱动外部模块运动,进行机箱的压制成型。加热孔内安置加热棒进行成型设备的加热,溢胶槽可以满足余料的收集,以节约用料成本,图10为外部模块驱动装置的二维图。

(2) 底托的结构设计。

底托结构如图11所示。为避免碳纤维增强塑料浸渍后铺叠在组合式内部模块过程中发生粘连底板的情况,外模耐磨垫板材料选用聚四氟乙烯加工,并开设螺钉孔与外部模块底托装配成体。转动下部

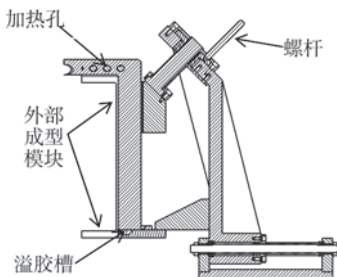


图10 外模驱动装置

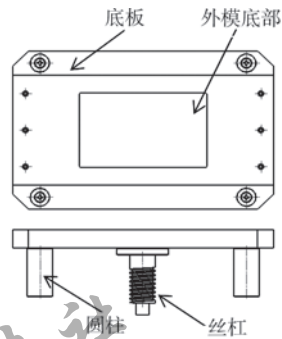


图11 底托结构

丝杠可进行上下移动,四个圆柱则具有导向作用。

2.3 成型装置的工作过程

图12示出成型装置的三维结构图,其完整工作过程为:(1)由左右内模驱动装置驱动各部分内模模块进行对合从而形成完整内模;(2)逐层浸渍碳纤维织物铺覆在内模上,直到设计层数,层与层之间错开方位,以获得各向同性性能;(3)驱动外模底部向上托压,成型箱体底部;(4)驱动外模上部和中部,先通过外模中部成型底部的折边;(5)单独驱动外模上部,压制箱体的上部;(6)待箱体固化成型后,驱动成型4条直边内凹的内模组件抽芯;(7)再驱动成型4个角内凹的内模组件抽芯;(8)驱动外模上部开模;(9)再驱动外模上部和中部同时向外移动;(10)取出制件;(11)驱动外模底部复位。箱体成型完毕,准备下一个箱体的成型。

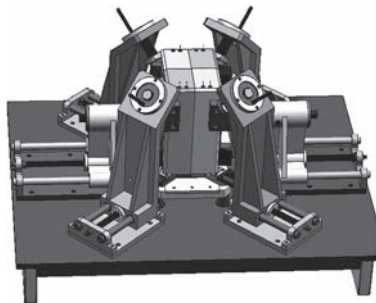


图12 成型装置

3 结语

通过规划内部模块组成,采用T型槽的斜滑块

机构,基于三维装配设计及运动仿真优化内部模块结构,成功解决多处内侧凹抽芯难的问题,合理的组合式外部模块确保成型过程中不刮胶。该碳纤维增强塑料机载机箱成型装置的设计思路和方法为其它复杂碳纤维增强塑料构件成型装置的设计提供了借鉴。

参考文献

- [1] 马如飞,李嘉,桂佳俊,等.真空成型与热压罐成型复合材料的性能对比[J].航空材料学报,2017,37(1):99-103.
Ma Rufe, Li Jia, Gui Jiajun, et al. Comparison of composites properties manufactured by vacuum process and autoclave process[J]. Journal of Aeronautical Materials, 2017, 37(1):99-103.
- [2] 王召召,潘利剑,庄恒飞,等.热压罐/真空辅助组合工艺成型复合材料及其质量评价[J].航空制造技术,2016(23):78-81.
Wang Zhaozhao, Pan Lijian, Zhuang Hengfei, et al. Quality estimation of product manufactured by the autoclave / VARI process[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2016(23):78-81.
- [3] 南长峰.模具设计与制造技术的发展趋势[J].航空制造技术,2015(9):42-45.
Nan Changfeng. Design and manufacturing technology development tendency of mould and die[J]. Aeronautical Manufacturing Technology, 2015(9):42-45.
- [4] 陈龙.基于塑料产品的多样性工业设计及其模具研究[J].塑料工业,2018,46(3):151-154.
Chen Long. Industrial design based on diversified plastic products and model research[J]. China Plastics Industry, 2018, 46(3):151-154.
- [5] 赵云峰,孙宏杰,李仲平.航天先进树脂基复合材料制造技术及其应用[J].宇航材料工艺,2016,46(4):1-7.
- [6] 嵇培军,王国勇,赵亮,等.树脂基结构复合材料的研究进展[J].宇航材料工艺,2015,45(4):1-5.
Ji Peijun, Wang Guoyong, Zhao Liang, et al. Developments of resin matrix structural composites[J]. Aerospace Materials & Technology, 2015, 45(4):1-5.
- [7] 包建文,蒋诗才,张代军.航空碳纤维树脂基复合材料的发展现状和趋势[J].科技导报,2018,36(19):52-63.
Bao Jianwen, Jiang Shicai, Zhang Daijun. Current status and trends of aeronautical resin matrix composites reinforced by carbon fiber[J]. Science and Technology Review, 2018, 36(19):52-63.
- [8] 杨晓波,湛利华,蒋成标,等.模具材料对复合材料制件固化过程应变的影响分析[J].南京航空航天大学学报,2018,50(1):24-29.
Yang Xiaobo, Zhan Lihua, Jiang Chengbiao, et al. Influence of mould materials on curing process and deformation of composite part[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2018, 50(1):24-29.
- [9] 付伟,张海."斜顶式"滑块机构在模具中的应用[J].工程塑料应用,2008,36(1):62-64.
Fu Wei, Zhang Hai. Application of slider mechanism with lifter body on the mold[J]. Engineering Plastics Application, 2008, 36(1):62-64.
- [10] 徐文庆,肖国华,汪哲能,等.带有内外壁特殊脱模机构的摄像机支架多板式模具设计[J].工程塑料应用,2019,47(2):70-75.
Xu Wenqing, Xiao Guohua, Wang Zheneng, et al. Multi-plate mould design of camera pedestal with special demoulding mechanism in inner and outer walls[J]. Engineering Plastics Application, 2019, 47(2):70-75.
- [10] 张建卿.L10面条机主体盖前模多重脱模机构及其注塑模具设计[J].塑料,2016,45(5):83-86,90.
Zhang Jianqing. Multiple ejection mechanism and injection mold design for main body of L10 noodle machine[J]. Plastics, 2016, 45(5):83-86,90.
- [11] 凌忠良.基于注塑模具的斜滑杆抽芯机构设计[J].中国塑料,2011,25(11):101-103.
Ling Zhongliang. Design of core-pulling mechanism with angular slide pole based on injection moulds[J]. China Plastics, 2011, 25(11):101-103.
- [12] 任义磊.具有复杂抽芯结构的注塑模设计[J].塑料科技,2009,37(8):69-71.
Ren Yilei. Design of injection mould with complex core-pulling mechanism[J]. Plastics Science and Technology, 2009, 37(8):69-71.
- (上接第87页)
- [7] 朱锡坤,李名辉.带定模推出机构的模具设计[J].模具工业,2002(8):40-42.
Zhu Xikun, Li Minghui. Design of the mould with an ejector in the fixed half[J]. Die & Mould Industry, 2002(8):40-42.
- [8] 刘春花,李明亮,孙元冬,等.类瓶盖分瓣推管推出机构模具设计[J].模具制造,2018,18(3):45-48.
Liu Chunhua, Li Mingliang, Sun Yuandong, et al. Design of injection mold with the ejector mechanism for the type bottle cap[J]. Die & Mould Manufacture, 2018, 18(3):45-48.
- [9] 赵连民,王小龙,刘春玲,等.内圆外方成形模具结构设计与改进[J].模具制造,2018,18(2):64-66.
Zhao Lianmin, Wang Xiaolong, Liu Chunling, et al. Design and improvement of square shaped die with an inner circle[J]. Die & Mould Manufacture, 2018, 18(2):64-66.