

复合材料发射箱体缠绕成型工艺研究

李小东¹, 黄军²

(1. 东莞职业技术学院, 东莞 523808; 2. 湖南工业大学, 株洲 412007)

摘要: **目的** 针对矩形截面复合材料箱体, 对缠绕成型工艺进行研究。**方法** 优选材料体系并进行结构优化设计, 利用组合式成型模具, 通过螺旋缠绕方式, 突破矩形截面箱体缠绕张力控制与功能层快速铺放等关键技术。**结果** 箱体通过了各项性能试验及环境试验考核。**结论** 该工艺适用于树脂基复合材料发射箱箱体缠绕成型, 其他等截面树脂基复合材料构件缠绕成型可参照使用。

关键词: 箱体; 缠绕; 拔模斜度

中图分类号: TB484 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)07-0132-04

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.07.024

Winding Molding Process of Composite Launch Box

LI Xiao-dong¹, HUANG Jun²

(1. Dongguan Polytechnic, Guangdong 523808, China; 2. Hunan University of Technology, Zhuzhou 412007, China)

ABSTRACT: The work aims to study the process of winding modeling with respect to the composite box of a rectangular section. The material system was optimized and the structural optimization design was conducted. The key technologies (such as winding tension control of the box of a rectangular section and rapid placement of the functional layer, etc.) were broken through by means of combined forming mold and spiral winding. The box passed various performance tests and environmental test examinations. The process is suitable for the winding molding of the launch box of resin based composite, and it can be used as a reference for the winding modeling of other uniform-section composite components.

KEY WORDS: box; winding; pattern draft

集贮存、运输、发射为一体的箱式发射技术已经成为目前弹箭武器研究领域的重要研究课题。某型号贮运发射箱箱体最初采用手糊工艺制造, 存在原材料利用率低、生产效率低、制造成本高等缺点。纤维缠绕成型是在缠绕机上, 将浸渍树脂的纤维均匀的、有规律的缠绕在一个转动的芯模上, 最后固化, 除去芯模获得制件。与手糊成型技术相比, 纤维缠绕的主要优点是节省原料、低的制造成本, 以及制件的高度重复性, 因此, 利用纤维缠绕技术制造箱体, 已成为实现复合材料箱体低成本、高性能制造的重要手段之一。文中通过螺旋缠绕方式制造复合材料箱体, 突破矩形截面箱体缠绕张力控制与功能层快速铺放等关键技术, 实现发射箱箱体近零拔模斜度成型, 解决了复合材料发射箱的低成本、高质量制造难题^[1-3]。

1 材料选用

复合材料发射箱箱体缠绕成型工艺所用材料主要有增强材料、树脂基体、固化剂、功能材料、脱模剂及其他助剂, 各类材料的主要技术要求如下所述^[4-6]。

1) 增强材料。可选用玻璃纤维、碳纤维的无捻粗纱、布带等, 单丝断裂强度应大于等于 2000 MPa, 弹性模量大于等于 75 GPa, 密度小于等于 2.6 g/cm³。增强材料均应经过硅烷偶联剂处理, 浸润性好、起毛少、断头少。

2) 树脂基体。可选用不饱和聚酯树脂、乙烯基酯树脂、环氧树脂、酚醛树脂等, 具体要求为: 粘度较低, 要求在 0.2~2 Pa·s 范围内, 具有良好的流动性

收稿日期: 2017-12-26

作者简介: 李小东 (1969—), 男, 硕士, 东莞职业技术学院副教授, 主要研究方向为包装材料及工艺。

和对纤维增强材料的浸润性; 低固化收缩率, 控制在 0.1% 以内; 固化物拉伸强度 ≥ 50 MPa, 弯曲强度 ≥ 90 MPa。

3) 固化剂。根据树脂基体, 选着相应的固化剂, 使树脂体系适应期大于 8 h。

4) 功能材料。导电布表面电阻率 $\geq 0.05 \Omega/\text{mm}^2$ 。

5) 脱模剂。不腐蚀模具, 不影响树脂固化, 对树脂粘附力小; 成膜时间短, 成膜均匀, 光滑; 操作简便, 使用安全, 价格便宜; 脱模剂的使用温度应高于固化温度。

6) 其他助剂。根据制品需求, 可添加紫外吸收剂、抗黄剂、消泡剂、色料等。

2 结构设计

首先利用整体化设计方法, 将防潮阻隔、电磁屏蔽等功能融于结构设计之中, 根据刚度要求, 通过有限元分析优化出最佳箱体结构。再以质量为目标, 将材料参数代入成熟的数学计算公式, 推导出箱体的纤维含量和铺层层数, 从而实现箱体结构与功能一体化设计^[7-9]。箱体最终设计为矩形截面薄壁结构。

3 成型工艺

复合材料发射箱箱体缠绕成型工艺流程见图 1。

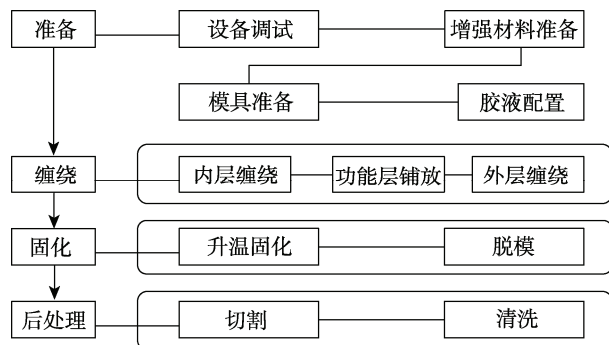


图 1 箱体缠绕成型工艺流程

Fig.1 Process flow of box winding molding

3.1 准备

1) 设备调试。开启缠绕机, 检验设备及缠绕程序是否运行正常, 关掉各部分开关, 待用。

2) 增强材料准备。将增强材料在 120 °C 烘箱中烘干 2 h, 自然冷却到室温, 备用; 将功能材料按设定宽度切割成卷, 备用。

3) 模具准备。芯模 (见图 2) 为组合式, 由旋转轴、前后挡板、上下左右 4 块模板、支撑架组合装配而成, 通过组合装配式结构可实现芯模的快速组装和拆卸, 亦可满足箱体的近零拔模斜度要求。为方便支撑架的拔出, 支撑架在轴向方向设计 0.5° 的斜度, 上下左右 4 块模板均随支撑架改变结构, 形成 0.5°

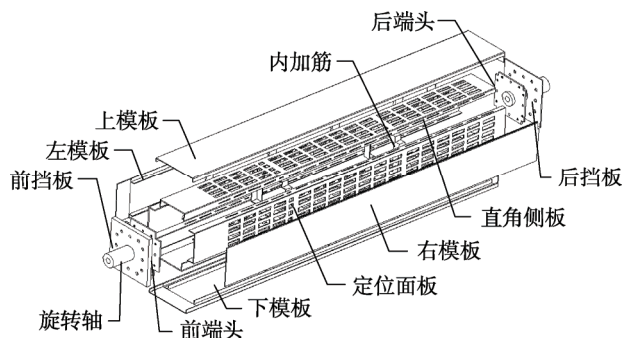


图 2 复合材料发射箱箱体缠绕成型芯模-爆炸视图

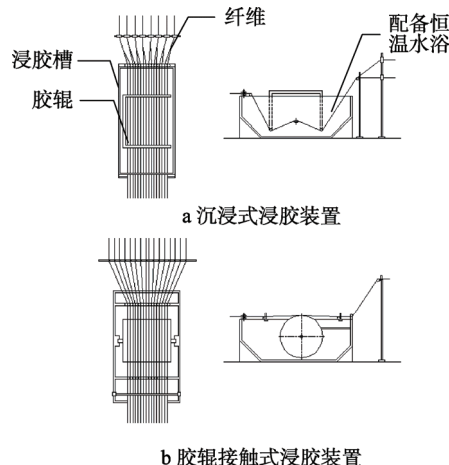
Fig.2 Winding molding core model of composite launch box-explosive view

的斜度。通过在上下左右 4 块模板内表面及支撑架内部设置加强筋, 保证模具的刚性及稳定性, 解决模具多次使用后的变形问题。在支撑架内部均匀布置加热管实现对模具的加热控制。通过在各接缝处均匀涂抹硅脂保证模具的密封, 防止缠绕成型过程中因树脂流动对模具内部的侵蚀^[10-11]。模具准备主要包括: 将模具擦拭干净, 除去表面的灰尘、杂质; 按设计要求将模具吊装在缠绕机上; 将脱模剂均匀地涂抹在模具上, 室温下放置 30 min。

4) 胶液配置。按设定配比配置胶液, 搅拌均匀, 倒入浸胶槽中, 每次配料量不超过 15 kg。

3.2 缠绕

1) 内层缠绕。将纤维从纱架上引出, 使其经过浸胶槽 (见图 3)、张力控制系统、导向环 (见图 4), 最后搭接到芯模上。开启缠绕机, 按照设定程序进行缠绕, 用卡尺测量壁厚达到设计要求后, 停止运行, 将纤维剪断。复合材料箱体具有多种材料多层组合矩形截面薄壁结构特点, 其缠绕张力控制对于箱体的致密性与壁厚均匀性至关重要。设计研究利于纤维缠绕的逐层张力递减制度。由于纤维是一层一层缠绕到芯模上, 每缠绕一层均对前一层的纤维产生压力, 从而使前一层变松, 为了保证各层纤维的最后张力相同,



b 胶辊接触式浸胶装置

图 3 浸胶装置

Fig.3 Impregnation device

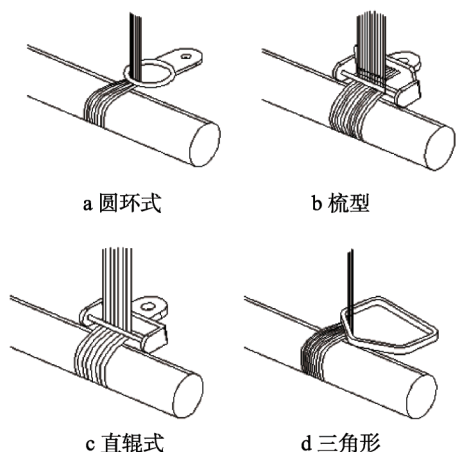


图4 导向环结构

Fig.4 Guide ring structure

使之共同受力,通过研究张力与缠绕芯模的刚度、缠绕制品的厚度、纤维的强度和含量、缠绕线型等之间的影响关系,优化确定缠绕张力控制参数^[12]。

2) 功能层铺放。研究设计专用的功能层材料铺放复合机构,采用在线涂胶压合工艺实现材料复合铺放。铺放过程中首先在预固化的内层坯体表面均匀涂刷一层环氧胶液,然后将裁剪好的阻隔层薄膜材料通过铺放结构上的送料卷沿长度方向进行铺放,并用胶辊进行压实和排除层间气泡,预固化一定时间。在充分压实并完全排除层间气泡的阻隔层薄膜表面,均匀涂刷一层环氧胶液,将导电屏蔽层材料沿长度方向铺放、压实,同时在其外表面涂刷一层环氧胶液进行封闭,然后固化一定时间再进行后续纤维结构层的缠绕^[13]。

3) 外层缠绕。将纤维搭接到箱体上,按照缠绕内层的方法缠绕外层,直至达到设计厚度。

3.3 固化

1) 升温固化。将控温装置分别连接芯模加热管及电源,开启控温装置开关,采用阶梯方式(见图5)进行固化。固化完毕,关闭控温装置,自然冷却至室温。

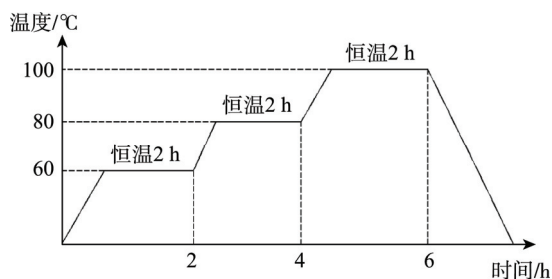


图5 缠绕成型树脂体系固化制度

Fig.5 Curing system of resin system for winding molding

2) 脱模。通过巴士硬度计检测箱体硬度,达到指标要求以上可进行脱模。流程为:拆除芯模前后挡板;用卷扬机将芯模支撑架脱出;依次脱出上下左右

4块模板。

3.4 后处理

后处理包括将箱体切割至图纸相应尺寸;用溶剂将箱体清理干净;对箱体的外观和尺寸等进行检验。

4 性能考核

为验证缠绕成型箱体是否满足设计技术要求,对样件按照相关试验要求进行了试验验证,试验项目有尺寸、材料力学性能、透湿率、耐烧蚀性^[14-15]等。试验结果表面箱体各项性能均满足指标要求。

5 结语

通过缠绕成型制造复合材料箱体,相比传统手糊成型工艺,具有原材料利用率高、制造效率高、制造成本低等优点。文中通过螺旋缠绕方式制造复合材料箱体,突破矩形截面箱体缠绕张力控制与功能层快速铺放等关键技术,实现发射箱箱体近零拔模斜度成型,各项性能均满足指标要求,解决了复合材料发射箱的低成本、高质量制造难题。该工艺适用于树脂基复合材料发射箱箱体缠绕成型,其他等截面树脂基复合材料构件缠绕成型亦可参考。

参考文献:

- [1] 高欣宝,祁立雷. 弹药储运管理[M]. 北京: 解放军出版社, 2003.
GAO Xin-bao, QI Li-lei. Manage and Stock Ammunition[M]. Beijing: Publishing House of PLA, 2003.
- [2] 陈愚,孙凤云. 贮运发射箱的结构与设计[J]. 包装工程, 2012, 33(15): 132—135.
CHEN Yu, SUN Feng-yun. Structure and Design of Storage and Transport Launcher[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(15): 132—135.
- [3] 高欣宝,黄春光,向红军. 包装对弹药装备保障的影响分析及其发展策略[J]. 包装工程, 2013, 34(17): 121—122.
GAO Xin-bao, HUANG Chun-guang, XIANG Hong-jun. Effect and Development Strategy of Packaging on Ammunition Armament Support[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(17): 121—122.
- [4] 薛昌雄. 现代战争环境对包装材料的新要求[J]. 中国包装工业, 2013(8): 34—35.
XUE Chang-xiong. New Demand of the Modern War Environment to Packing Materials[J]. China Packing Industry, 2013(8): 34—35.
- [5] GJB 145A—1993, 防护包装规范[S].
GJB 145A—1993, Specification Preservation Packag-

- ing[S].
- [6] MIL-STD-3010B, Test Procedures for Packaging Materials[S].
- [7] 陈海燕. ABAQUS 有限元分析从入门到精通[M]. 北京: 电子工业出版社, 2015.
CHEN Hai-yan. ABAQUS Finite Element Analysis from the Introduction to the Master[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2015.
- [8] HOFFMAN Y S, SHRIRA A, COHEN-FRIDEL S, et al. The Effect of Exposure to Missile Attacks On Post-Traumatic Stress Disorder Symptoms as a Function of Perceived Media Control and Locus of Control[J]. Psychiatry Research, 2016(10): 51—56.
- [9] HUANG R X. X-Ray Microtomography and Finite Element Modeling of Compressive Failure Mechanism in Cenosphere Eposy Syntactic Foams[J]. Composite Structures, 2016, 15(4): 157—165.
- [10] CHUNG D D L. Electromagnetic Interference Shielding Effectiveness of Carbon Materials[J]. Carbon, 2001, 39: 285—297.
- [11] HICKS B J. A Finite Element-Based Approach for Whole-System Simulation of Packaging Systems for Their Improved Design and Operation[J]. Packaging Engineering and Science, 2011, 32(21): 62—63.
- [12] RONG Zhi-yang, ZHI Li, MENG Kang, et al. Analysis on Influence of Humiture upon Ammunition Storage and Countermeasure[J]. Proceedings of the 15th International Conference on Man-machine- environment System Engineering, 2015, 356: 786—794.
- [13] HERNANDEZ C, BUCHELY M F, MARANON A. Dynamic Characterization of Roma Plastilina NO.1 from Drop Test and Inverse Analysis[J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2015, 100: 158—168.
- [14] MIL-STD-1905A, Design and Test Requirements for Level B and Level C Ammunition Packaging[S].
- [15] GJB 2711—96, 军用运输包装试验方法[S].
GJB 2711—96, Test Methods for Military Transport Packages[S].