

复合材料层合板结构制造工艺的质量控制

胡杰文 冯振宇

(中国民航大学, 天津 300300)



摘要: 介绍了复合材料成型特点以及制造工艺的质量控制, 为了清楚地说明工艺质量控制问题, 将工艺分为成型和固化两个阶段, 并对每个阶段分别进行分析, 特别关注影响产品质量的工艺参数。为复合材料制造工艺的质量控制和复合材料的适航审定提供了依据。

关键词: 复合材料; 工艺; 质量控制

Quality Control for Manufacturing Process of Composite Laminate Structures

Hu Jiewen Feng Zhenyu

(Civil Aviation University of China, Tianjin 300300)

Abstract: This paper briefly introduces the forming characteristics of composites and quality control for the manufacturing process. The process is divided into two stages so that quality control can be exactly detailed. Analysis is performed for each stage, especially for the parameters effecting quality of productions. It provides an instruction for quality control of composites' manufacture and the certification of composite structures.

Key words: composite; process; quality control

1 引言

复合材料以树脂为基体材料、纤维为增强材料, 采用各种成型工艺方法复合而成。复合材料具有比强度高、比刚度高, 耐腐蚀性能好, 过载时安全性好, 减震性好, 可设计性强, 便于大面积整体成形等优点。自从复合材料问世, 复合材料便逐渐应用于飞机结构, 大大减轻了飞机的结构重量^[1]。

复合材料是多组分的各向异性材料, 它从原材料至制成复合材料的同时就制成了产品。复合材料的性能除了与纤维增强材料的树脂基体材料的性质密切相关外, 还与其纤维体积含量、纤维铺设方向以及制备产品的成型工艺有关。

复合材料代替传统的金属材料制备航天器复合材料结构件, 必须做到选材合理、工艺设计正确, 根据原材料的性质、产品的结构设计特点(产品形状、尺寸精度要求、预浸料的铺层分析等), 选择成型工

艺方法, 确定工艺装备, 编制工艺规程, 在研制过程中加强质量控制, 保证原材料质量, 确保设计的可靠性。

2 复合材料成型工艺特点

复合材料成型工艺与金属材料加工工艺截然不同, 主要表现在以下三个方面:

a. 结构成型与材料成型同时完成

复合材料的生产过程, 也就是复合材料制品的生产过程, 但在制作过程中工艺控制难度大。成型工艺的好坏直接影响制件的性能优劣和制造成本的高低, 因此工艺控制至关重要。

b. 成型工艺包含两个过程——成型与固化

成型是赋予构件形状, 即原材料如何制造成所需要的结构形状。而固化是固定构件形状, 赋予复合材料结构件的力学性能。复合材料的工艺水平直接影响

作者简介: 胡杰文(1984-), 硕士, 飞行器设计专业; 研究方向: 复合材料制造工艺的适航审定。

收稿日期: 2009-10-10

材料或制品的性能。工艺方法的确定与制品结构有关,所以应根据制品的受力情况、设计精度要求来选择成型工艺。在成型过程中必须协调成型与固化之间的关系,提高构件的结构效率和产品的合格率^[2]。

c. 复合材料结构可实现整体成型

复合材料采用共固化/共胶接等技术,可大量减少零件、紧固件数目,实现了结构整体成型,提高减重效率。但是一些缺陷被带入了部件,制造风险大幅增加,因此对工艺选择和工艺控制提出了更高要求。

3 复合材料制造工艺的质量控制

复合材料制造工艺的质量控制是复合材料质量控制的一个重要内容,关系到构件的结构效率以及产品的质量,也是复合材料适航审定的关键问题。复合材料结构的生产过程依赖于制造周期中使用的工艺控制类型,选择合理的工艺不但提高了制件的质量,还缩短了制造的周期。如果能够有效地控制所有相关的可变工艺因素,就可以保证生产的结构和零件满足设计要求。

因此,必须建立一套合理的质量控制程序,确保影响材料完整性和加工性能的工艺参数处于可控状态,并规定材料、工具、设备、固化周期参数以及环境状态满足工艺要求。一般来说,工艺质量控制可以归结为以下几个方面。

a. 由质量部门对复合材料结构件研制中所用设备、工装、热压罐、烘箱等的现状、维护、操作和校正进行监督。保证设备上的仪器仪表在使用有效期内,处于良好的使用状态;

b. 由质量部门监督用于各型号的材料是否符合设计文件及相关规定要求,且按有关规定储存、发放、使用和管理。其它各种工艺消耗材料也应符合有关规定要求;

c. 由质量部门按工艺规范要求,对铺层、组装、固化准备、固化等工序及各类工艺记录进行全面监督、检查;

d. 对从事复合材料制造的人员定期进行技能培训,经考核合格后持证上岗。

3.1 成型工艺的质量控制

应该控制影响复合材料构件生产的环境参数,如温度、湿度、化学污染等,如果没有其他特殊要求,应该控制复合材料生产场地的温度和湿度^[3]。例如,最低温度华氏65°,对应的相对湿度不超过63%;最

高温度华氏75°,对应的相对湿度不超过46%。温度和湿度必须介于上限值与下限值之间。

成型时,必须保持洁净的室内环境。禁止使用喷雾剂,禁止直接暴露在粉尘中,禁止在操作过程中出现污染物,禁止烟雾、油蒸汽以及其他有害的化学物质。

铺层时,必须对空气进行净化过滤,增压系统应该提供微小的正压。铺带时必须实时监控操作过程,保证铺带方向、铺带次序、铺带定位的准确性^[4]。对铺带起始点的定位、铺带操作台的稳定性、送料方式、铺带次序等关键问题应该严格控制。压实、装袋等操作不当会造成产品的树脂含量、压实程度、材料密度、孔隙率等不均匀,直接影响产品质量,因此,必须对工序进行特别监控。

3.2 固化工艺的质量控制

固化工艺是赋予产品相应的力学性能,质量控制在整个工艺过程中更加复杂,一般可以归纳为以下几个方面:

a. 固化之前,检查真空袋是否漏气,如果存在漏气孔,必须进行修理;

b. 控制固化工艺的相关参数,通过控制层合板中树脂和固化剂的反应,使产品具有相同的固化度、孔隙率及正确的树脂含量等;

c. 详细规定未固化层合板或夹芯结构装袋的设备和材料,确保在固化周期内,树脂的流动、挥发性树脂的含量、层合板固化等得到有效的控制;

d. 控制结构密度、固化度和固化反应工艺参数之间的关系,规定固化周期中工艺参数的上限和下限,当工艺参数超过极限值时必须采取相应的处理措施,如将固化后的产品进行无损检测;

e. 当产品结构、材料、装袋方式和类型、设备加热性能等不同时,确保热压罐或固化炉中未固化的零件能够正确地固化;

f. 产品在热压罐或固化炉中固化期间,如果加热、冷却、真空或压力突然中断,应采取措施保证固化的顺利进行;

g. 定期对复合材料结构试样进行性能测试,评估热压罐或固化炉的工艺参数对固化工艺的影响;

h. 对于树脂传递模塑工艺,应该规定所有影响产品质量重要工艺参数的取值范围,并确定设备使用的时间和次序。

(下转第57页)

