

碳纤维复合材料弯曲撑杆成型工艺技术*

靳武刚, 高建军

(中国电子科技集团公司第 39 研究所, 陕西 西安 710065)

摘 要:对碳纤维复合材料弯曲撑杆的成型工艺方法进行了试验研究, 比较分析了几种方法的优缺点。分别研究了铺层设计、吸胶工艺、热缩工艺, 采用了预浸料铺层——热压罐固化工艺, 制品具有厚度均匀、表面光滑平整的优点。

关键词:CFRP; 管; 工艺

中图分类号: TN820.8; TB33 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-5300(2003)03-0062-02

Manufacturing Technology of Bent CFRP Tube

Jin Wugang, Gao Jianjun

(The 39th Research Institute of CETC, Xi'an 710065, China)

Abstract: The application of thermal contractible plastic sleeve for improving surface quality of bent CFRP tube is introduced in this paper. Requirements and properties of thermal contractible plastic are analyzed, a thermal contractible process was developed to eliminate the defect on CFRP tube surface.

Key Words: CFRP; Bent tube; Technology

1 概 述

碳纤维复合材料(CFRP)具有优异的机械性能和物理性能, 是应用于航空、航天、兵器、电子等领域重要的结构材料。CFRP 杆、管结构是组成复合材料构架的一种典型单元, 是航空、航天器结构中常用的结构组件。如空间的桁架结构常用 CFRP 管和钛合金制造, 地球同步轨道卫星上的小发动机支架用圆管支撑, 大型卫星天线的支撑杆大多采用 CFRP 圆管或方管。某天线的大型复合材料弯曲撑杆难以采用常用复合材料管的成型工艺。根据其特点及要求, 经研究采用预浸料铺层——热压罐固化工艺, 通过对复合材料铺层设计、吸胶工艺及热缩工艺研究, 解决了 CFRP 弯曲杆件的成型和表面质量问题。

2 成型工艺

CFRP 管常用的成型工艺有手糊法、卷管法、纤

维缠绕法、预浸布铺层法等。其中最典型的工艺是纤维缠绕法, 在玻璃钢管道、钓鱼竿等制造业中常用。大型复合材料弯曲撑杆, 长度约 2m, 圆弧半径约 3m。截面为渐变圆形, 大端直径 40mm, 小端直径 20mm。由于其结构为非轴对称形状, 如采用纤维缠绕工艺, 不仅难度很大, 而且缠绕成型后的弯曲撑杆粗糙表面难以加工成光滑表面。其它新型工艺如热膨胀芯模法, 对弯曲撑杆脱模困难。预浸料手工铺层——热压罐工艺一般适用于板件成型, 用于制造管件的表面质量存在严重缺陷, 需采取相应的工艺措施。

经研究确定采用热缩工艺, 其基本原理是采用热缩材料的热缩特性对复合材料进行挤压, 同时热缩材料抵御辅助封装材料的皱折对复合材料制件的影响。

首先在刚性芯模外面按材料设计的铺层数、铺层顺序铺放、缠绕碳纤维预浸料, 然后进行预吸胶。吸胶后去除吸胶材料, 直接在预浸料叠层上加经过表面处理过的热缩套管, 在一定工艺条件下进行热

* 收稿日期: 2002-07-03

缩。热缩完成后将其封装进热压罐固化。最后脱模,剥离热缩管,得到制品。制造工艺流程见图1。

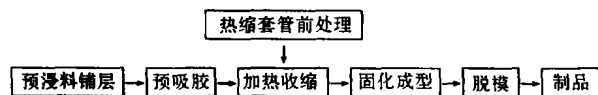


图1 制造工艺流程图

其中主要对弯曲芯模的铺层方式、封装工艺、预吸胶工艺等进行了大量试验研究。

3 关键技术

3.1 铺层设计

铺层设计包括铺层的层数、铺层角度、铺层顺序的设计。铺层设计决定了复合材料的各项性能。在制件的设计中,主要考虑支撑杆轴向的“零”膨胀系数要求,并兼顾其强度。考虑到工程设计和制造的实用性,铺层方向分为轴向和沿管子周向两种。因为复合材料是各向异性十分突出的材料,其优异的物理、力学性能都集中在碳纤维的轴向。碳纤维在轴向和其径向的线膨胀系数分别为 $-0.3 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ 、 $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$,通过不同的铺层比例设计可获得“零”膨胀系数^[1]。在计算中因基体树脂为各向同性材料,忽略了基体树脂的膨胀变形。计算结果,当轴向纤维和径向纤维的铺层数比例为3:2时,可使复合材料在轴向达到“零”膨胀系数要求。综合考虑复合材料杆的强度及铺层工艺性能要求,确定了铺层顺序。

3.2 表面质量分析

预浸料铺层——袋压工艺成型的管件表面缺陷主要有皱折、条纹及富胶等。复合材料圆管在铺层时,不可能施加足够的张力压紧预浸料叠层块,铺层的复合材料相对较松散,厚度也较制成品厚。在成型工艺时,需要加压以压紧各层复合材料并使多余的树脂流出。这时将产生两个收缩。其一,复合材料叠层块被压紧,厚度变薄,外径变小,周长也相应减少,沿环向的纤维必然松弛,纤维被压弯曲、打折。其二,成型中在预浸料叠层块毛坯上使用的辅助材料,如透气毡和真空袋装压缩时形成皱折和条纹,固化后压印在复合材料表面上形成皱折。这两种因素互相影响,综合作用,形成了CFRP杆的表面缺陷。基于以上分析,必须从两方面着手解决问题。一是设法尽量在铺层时压实复合材料叠层,二是采取措施消除辅助材料皱折对复合材料表面的影响。采取了两项措施:热缩工艺和预吸胶工艺。

3.3 热缩工艺

热缩工艺是采用热缩管的热缩特性对复合材料进行均压。热收缩材料。热缩管在加热时,树脂软化,而热缩管达到收缩温度发生收缩变形,口径均匀缩小并压实复合材料叠层块。在高温下固化时,热缩材料能有效地传递热压罐的压力,并均匀地消除真空袋及透气毡的皱折对复合材料的影响。热缩工艺是指在一定温度下使热缩套管收缩完成、压紧的过程。热缩工艺的重要参数是加热温度和时间。在确定热缩工艺时以热缩材料的收缩性能为根据,并充分考虑模具的热容滞后因素,对具体的复合材料制件灵活运用。热缩材料的热缩方式有用酒精喷灯、加热枪及电吹风加热,也可置于烘箱加热。针对复合材料成型工艺的特点,要求加热温度低,时间尽可能短,尽量减少对树脂体系凝胶性能的影响。完成收缩后取出迅速冷却。

3.4 预吸胶工艺

预吸胶工艺配合热缩工艺使用,又称预压实工艺。预吸胶是指在固化前,在一定的压力和温度等工艺条件下从复合材料叠层块吸出一定量的树脂,对复合材料的树脂含量进行控制。这样既压紧了预浸料叠层,又免除了在固化时热缩管和预浸料叠层之间的吸胶材料。热缩管和预浸料叠层之间直接接触。热缩管的内壁状态反映于复合材料管的表面,以达到表面光滑、平整的最佳效果。预吸胶工艺的主要参数为温度、恒温时间、压力。制定合理的工艺,既要完成吸胶的任务,达到压实的目的,又要尽量减少对复合材料树脂凝胶性能的影响。

4 应用结果

大量应用后表明,对手工铺层、热压罐固化工艺制造的复合材料弯曲杆,采用该措施后效果明显。在加热固化中热缩管收缩均匀一致,内壁平整,有效地消除了透气毡、真空袋等辅助材料收缩时形成皱折和条纹,固化后复合材料表面无皱折,光滑平整。

参考文献

- 1 陈烈民. 无纵向温度变形的复合材料管的铺层设计. 宇航材料工艺, 1999(5):20
- 2 靳武刚. 热缩塑料在复合材料成型工艺中的应用, 塑料科技, 2001(5):7

作者简介:靳武刚,男,工程师,现主要从事纤维复合材料应用研究工作。