

碳纤维复合材料天线支撑杆的研制

靳武刚 白晓红

(中国电子科技集团公司第39研究所,西安 710065)

摘要 以中温固化环氧树脂体系为基体、碳纤维为增强剂,采用手工铺层、热压罐成型工艺及共固化胶接工艺研制了抛物面天线支撑杆。经检测制件尺寸公差合格,表面光滑平整,其轴向线膨胀系数为 $0.5 \times 10^{-6}/\text{K}$,比铝支撑杆约减轻40%。经大量生产制造证明,工艺质量稳定。

关键词 环氧树脂 碳纤维 复合材料 天线支撑杆 应用

应用于高频段的抛物面天线,对天线反射面的精度及尺寸稳定性有严格的要求。天线的支撑结构在天线设计中占有十分重要的地位。支撑杆是天线支撑结构的组成单元,要求其质量轻、刚性好、尺寸稳定性高。碳纤维具有优异的热稳定性,单丝轴向线膨胀系数仅为 $-0.3 \times 10^{-6}/\text{K}$,而且碳纤维复合材料具有可设计性,可根据材料性能要求进行设计制造,满足不同的性能要求。将其应用于天线支撑结构中,对提高天线精度、增加天线尺寸稳定性、减轻结构件重具有实际意义。笔者经反复研究、试验,研制了碳纤维复合材料天线支撑杆,见图1。



图1 碳纤维复合材料天线支撑杆

1 支撑杆的技术要求

该碳纤维复合材料支撑杆为空心薄壁圆管结构,大长径比,渐变截面。两端有钛合金接头,用于连接。设计的性能及对工艺要求主要有以下几点:

(1) 高热稳定性。支撑杆尺寸公差 $\pm 0.1\text{mm}$,轴向线膨胀系数小于 $0.5 \times 10^{-6}/\text{K}$ 。

(2) 支撑杆两端的钛合金接头要求与复合材料连接牢固,定位尺寸准确,需采用共固化胶接。

(3) 外观质量要求光滑平整,无皱折,不允许进行表面加工,复合材料与钛合金接头应浑然一体。

2 碳纤维复合材料支撑杆的制备

根据支撑杆的结构特点及技术要求,设计了成型工艺方案和路线。原材料采用单向碳纤维树脂预浸料,其中树脂为中温固化环氧树脂体系,增强纤维为日本东丽公司产的T700碳纤维。成型模具采用铝质芯模,铺层方式用手工铺贴与缠绕相结合,热压

罐固化成型。为了使制件达到较低的线膨胀系数,在铺层设计时充分发挥了纤维特性。采用共固化胶接工艺确保金属接头胶接牢固,并且使用均压材料以提高制件的表面质量。

2.1 模具设计

成型模具是复合材料制备的依托。首先根据复合材料制品的结构特点及性能要求制定成型工艺方案,并对模具设计提出要求。该成型模具采用芯模形式,模具锥度同复合材料制件。模具上分别设有大小钛合金接头的定位装置。模具从中空的大端钛合金接头中心拔模。模具材料为铝材LY2Y。因铝材的热膨胀变形较大,所以在模具设计时根据其膨胀系数和复合材料固化成型温度范围对芯模定位尺寸作了修正,以达到设计的公差要求。芯模在径向的膨胀量较小,对此不作严格要求,故未修正,这样可使脱模容易些。在模具结构和工艺设计中,特别注意了钛合金接头的尺寸配合要求,将脱模机构与模具设计融为一体。

2.2 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。在该制件的设计中,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际情况,铺层方向分为轴向和周向两种。因为碳纤维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。碳纤维在轴向和径向的线膨胀系数分别为 $-0.3 \times 10^{-6}/\text{K}$ 和 $12 \times 10^{-6}/\text{K}$,通过不同的铺层设计可获得“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。计算结果表明,当轴向纤维与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”膨胀系数的要求。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。

2.3 表面质量保证

热压罐固化工艺要求在复合材料固化封装工序使用隔离膜、真空袋、透气毡等辅助材料。这些辅助材料在抽真空并加压成型时因收缩而产生皱折, 这些皱折映印在软化的复合材料叠层表面会形成压痕, 固化后在复合材料管的表面形成皱折等缺陷, 使制件表面不平整。这种现象对细管件更为明显。笔者利用辐射交联热收缩塑料的热收缩特性和高温下的粘弹性, 将其应用于复合材料管材的成型工艺^[2]。预浸料铺层完毕后首先进行预吸胶, 然后套上热收缩管, 在复合材料升温固化过程中热收缩管发生收缩变形, 挤压预浸料叠层使树脂流平。当再升高温度时树脂发生凝胶并需加压固化, 此时热收缩塑料能有效地传递热压罐的压力, 并使压力均匀地作用于复合材料叠层, 减弱或消除真空袋皱折对复合材料表面的负面影响。复合材料完全固化后脱模, 除去热收缩塑料, 复合材料管材表面平整光滑。

2.4 钛合金接头共固化胶接工艺

钛合金材料与碳纤维复合材料具有比较接近的电位, 不存在电偶腐蚀问题, 因而在碳纤维复合材料结构中得到广泛使用^[3]。复合材料与金属胶接有两种基本工艺: 后胶接和预埋共固化。后胶接是在复合材料固化后与金属进行胶接, 需定位工装。共固化工艺的特点是复合材料的固化与胶接同时完成。笔者采用共固化胶接工艺将钛合金接头与复合材料粘接为一体, 其优点是胶接牢固、定位准确、简化工序, 其难点在于胶粘剂的选择。该工艺要求胶

粘剂的固化工艺必须与复合材料树脂基体的固化工艺相匹配, 才能达到同步固化。经过工艺试验对比, 选择了相匹配的胶粘剂。在胶接之前需对钛合金接头的待胶接区域进行表面氧化处理, 以提高粘接力^[4], 并对非胶接区域进行防粘处理, 避免胶粘剂及树脂粘连, 影响制件表面质量。

3 碳纤维复合材料天线支撑杆的性能

经对研制的碳纤维复合材料天线支撑杆检测表明, 其尺寸公差合格, 表面光滑平整, 其轴向线膨胀系数为 $0.5 \times 10^{-6}/K$, 质轻, 与相同结构的铝质支撑杆相比, 可减轻约 40%。

4 结论

(1) 合理的铺层设计可以使复合材料支撑杆的轴向线膨胀系数接近“零”, 达到 $0.5 \times 10^{-6}/K$ 。

(2) 采用手工铺层、热压罐固化成型及共固化胶接工艺并经用热收缩塑料管传递压力而制备的复合材料天线支撑杆, 可有效地消除其表面质量缺陷, 达到尺寸公差合格、表面光滑平整的要求。

(3) 以环氧树脂体系为基体、碳纤维为增强剂的复合材料天线支撑杆质轻, 比铝质天线支撑杆约减轻 40%。

(4) 经大量生产制造证明, 工艺质量稳定。

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): 9
- 3 中国航空研究院. 复合材料连接手册. 北京: 航空工业出版社, 1994. 195
- 4 陈德生. TC4 钛合金胶接前表面制备工艺研究. 航空工艺技术, 1994 (5): 27

DEVELOPMENT OF AERIAL STUDDLE OF CARBON FIBER COMPOSITE

Jin Wugang, Bai Xiaohong

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

ABSTRACT The paraboloid aerial studdle was developed by hand-work spreading autoclave shaping and cocuring bonding technology with mid-temperature curing epoxy resin as matrix, carbon fiber as reinforcing agent. The detection showed that the dimensional tolerance was eligible, surface was smooth, axial coefficient of linear thermal expansion was $0.5 \times 10^{-6}/K$, and the weight decreased by 40% than aluminium studdle. The production proved that the quality was stable.

KEYWORDS epoxy resin, carbon fiber, composite, aerial studdle, application

PETG 特种片材用作身份证基材

日前由江苏华信塑业发展有限公司研发生产的 PETG 特种片材, 被公安部定为全国第二代居民身份证卡片基材的专用材料。该 PETG 片材具有封装性能好、尺寸稳定性好、

拉伸强度高、信息储存量大、不易磨损、使用寿命长、易于印刷、无污染等特点。该材料的各项性能指标全部达到制作第二代居民身份证卡片基材的要求, 达到国际先进水平。

(善文)