

格栅形碳纤维复合材料制件成型技术研究

张晓彤

珠海领航复合材料科技有限公司 广东 珠海 519040

摘要:介绍了网格型 CFRP 锥体简易零件的成型技术。该光纤以东丽公司生产的 M40 型光纤为基质,以 648 苯酚醚环氧脂-三氟化硼单乙胺系统(4211 系统)为基质,通过铸造铝模、真空袋法、热压罐法等方法制备。经过对该产品的加工工艺进行了深入的探讨,并在该产品中取得了较好的效果,在生产中取得了较好的效果。

关键词: 格栅碳纤维; 复合材料; 成型技术

引言

网格状碳纤维复合材料(CFRP)锥筒体构件作为电力装备中的重要构件,对其质量和轴向稳定性提出了更高的要求。本项目针对复合材料构件应用需求,选择 M40/4211(M40 碳纤维/648 酚醛树脂-三氟化硼单乙胺)预浸料为原料,采用 M40/4211 预浸料进行制备。

1 格栅形碳纤维复合材料制件成型技术

为了达到减轻重量的目的,可以使用栅格来控制空气流动方向。采用常规钢铝芯模具制作具有复杂曲率结构的复合网格时,会出现脱模难、强制脱模对构件造成破坏等问题。目前,广泛采用的是硅橡胶芯模,但因其热胀冷缩时与纤维紧密结合,导致产品表面具有纤维特征的凸性,且粗糙度较低,不能满足空气动力学曲面的要求。通常采用的热压罐子成形方法,存在着设备和人工费用较高,且贴袋的表面粗糙度较高,需要大量的机械处理,从而造成了大量的生产成本。

CFRP 网格主要应用于航空、汽车等领域,以实现空气流动的方向性控制。网格结构有 80 多种大小不一的网格,由于网格的构造比较复杂,因此网格的成形需要的模具也比较复杂,成形难度也比较大。中国专利文件(申请编号:200910050994.7)披露了一种复合材料网格,也就是用于控制飞行器速度的复合材料网格的成形方法,该方法是通过人工在硅橡胶软模上进行叠层,叠层所用的预浸无维布作为叠层材料,叠层后装入模具,放入热压罐进行固化,这种方法有以下缺陷:

(1) 采用了预浸式无维布,由于预浸式无维布有一定的粘性,且采用了不同的夹角(0° , 45° , 90°),使得网架的纵、横两个方向的夹角都能达到预期,因此,施工难度较大。

(2) 采用预先浸渍的布铺压较大,将 1.5 毫米的制品铺压后,其厚度可达 2-2 毫米,且格网多,压缩过大,易引起模具装配困难;

(3) 在使用硅橡胶软模具进行辅助成形时,模具在装配时会出现不合理的压缩变形,使制品在凝固后的平直度超差,从而使制品失效。

2 格栅形制件的结构形式

格栅形 CFRP 锥筒制件整体结构为格栅结构,下半段为圆筒形,上半段为圆锥形,且端面带 1 个金属接头,与其他零件进行连接。在接近接合部的位置,设有 3 个用来放置电子元件的窗子,在该窗子的中央,设有 3 个环形筋条,该环形筋条上也设有孔洞,用以将电子元件固定在该位置。在接近下端表面的边缘处,有 8 个金属片,用来安装其它部件,网格型 CFRP 圆锥体与相应部件之间用螺栓相连。

3 成型工艺及主要工艺过程

3.1 模具设计与制造

在 CFRP 复合材料的生产工艺中,模具是支撑 CFRP 构件成型的主要工具,对构件的结构尺寸有很大保障。针对零件的结构尺寸及脱模需要,提出了一种新型的型芯与型芯结合的型芯组合结构。在模具材质上,选用了成本低廉、可加工性好的铸铝材;因为模具比较大,所以首先铸造的是筒形坯。设计的厚度是 30 毫米,目前的情况下,20 毫米的厚度是最大的,所以经过处理后,厚度仅为 10 毫米。这样的薄壁件成形之后,必然会有良好的性能,具有一定的耐温性^[1]。

3.2 铺层设计铺覆

碳纤维复合材料以其各向异性、可设计性等特点,其性能随纤维取向的变化而变化,其优良的性能主要体现在其沿纤维取向的取向上。铺层结构是复合材料结构设计中的关键环节,针对该构件在 100-100 C 范围内轴向不变的特点,除穿孔部位使用 CFRP,其他部位全部为单向预浸料,使 CFRP 的力学性能得到最大程度的发挥。

根据铺层设计的要求对预浸料进行裁切,在下料的时候要特别关注预浸料的纤维的取向,在下料的时候,沿

纤维的取向不能超过 0.5° 。在下拉时,应确保光纤的连续性,不能发生断裂,光纤的长度不能有预浸丝的接缝。

3.3 成型工艺

该材料在成型时,要在特定的时间环境下,承受特定的温度和压力,使其从溶解到粘稠,形成非溶解的刚性网络结构。在硫化工艺中,如何把握好时间、温度和压力的关系,是生产出高质量零件的重要环节。加热速度太快,由于树脂凝固太快,容易使其内部残留的气体和分子的挥发物没有及时排出,使其内部的孔隙率增加;如果加压力点太早,容易导致材料内部的贫胶,制件的厚度公差变大。

3.3.1 手糊成型

在模具工作面上,涂敷脱模剂和胶衣,将剪裁好的碳纤维预浸布放置到模具工作面上,然后刷涂或喷射树脂体系胶液,当其厚度达到所需的程度后,成型固化、脱模。尽管目前手工糊化技术已经发展到了一定程度,但由于其工艺简单,投资少,适用范围广,因此在石化容器、储槽、汽车外壳等方面仍然有着很大的应用空间。但存在质地疏松,致密,产品强度低,且以手工为主,产品品质不稳,产量低等问题^[2]。

3.3.2 喷射成型

是手糊工艺低压成型中的一种,它是将短切纤维和树脂通过喷枪混合后,压缩空气喷射在模具上,达到预定厚度后,手动用橡胶辊按压,然后固化成型。本发明的半自动模压技术是对手工模压技术进行了改良,使其在生产过程中的工作效率得到了较大的提高。

3.3.3 层压成型

在上、下平板模具间,采用分层堆砌的预浸料,在压力作用下,加热、加热,使其在不影响木材胶合板制作的前提下,通过对其流变性的研究,对其进行改良和优化。多层复合成型技术是一种适用于多种规格、多种用途的复合片材。它的优点是:机械化、自动化程度高,产品质量稳定,但设备的一次性投资较大^[3]。

3.3.4 缠绕成型

用树脂溶液浸泡过的一种连续的纤维或布条,以一定的方式卷绕在型芯上,然后固化并脱模,形成一种复合产品。利用碳纤维的高比强度、高比模量和低密度,可以生产出圆柱体、球体和一些具有正弯曲度的圆筒或圆筒形状的碳纤维产品。

3.3.5 拉挤成型

将浸有树脂胶的碳素纤维丝束、丝带或布等,在拉力的影响下,经挤出模具成型并固化,可持续地制造出无限长度的截面。拉挤法是一种新型的复合材料成形技

术,它的特点是可以全自动化、高产量。拉挤制品中纤维含量可达到80%以上,胶液在拉伸状态下浸出,可使增韧剂的效果得到最大程度的发挥,且制品强度高,可随意调节其纵向和横向强度,可满足各种机械性能的需求。适用于工字型、角型、槽型、异型、由以上三种断面组成的复合断面的生产^[4]。

3.3.6 液态成型

这种方法不仅降低了生产能耗,还缩短了成型时间(仅需要2分钟左右)。但是,该技术的使用,需要建立在准确的管线运输、测量、温压等方面,是聚合物与现代高新技术的交叉领域,目前还没有得到广泛的应用。

3.3.7 真空热压罐

将预先浸没的单层材料按照一定的取向堆叠而成的复合物毛坯置于热压槽中,并于一定的温度、压力下进行固化。热压槽是一种特殊的压力容器,它可以承受一定的温度、压力,并可以调节一定的范围。将毛坯置于涂有离型剂的模子上,按顺序用透气性无纺布(膜)、吸湿毡、适气毡夏盖,并用真空袋装好,装入热压罐。在加热固化之前,需要将袋子中的气体及挥发性物质全部排出,再按照各种树脂的固化规程进行升温、加压及固化。硫化工艺的制订和实施对确保热压罐制品的质量至关重要。本发明的成形技术可用于飞机舱门、整流罩、机载雷达罩、机座、机翼和尾翼等零件的成形加工^[5]。

3.3.8 真空导入

简称为VIP,它是将“干”的碳纤维复合材料放在模子上,再放上一个真空袋,将系统中的真空抽走,在模子里形成一个负压,用真空带来的压力,将不饱和和树脂经过预先铺设好的管道,压进纤维层,使树脂渗透进强化材料,最终将整个模子填满,当产品凝固时,将真空袋的材料取下,就可以从模子里拿到想要的产品。这一过程早在1950年就有了记载,只是近年来才被开发出来。在真空的条件下,树脂渗入碳纤,制品中的泡沫很少,制品的强度更高,质量更轻,质量更好,产品质量更稳定,还减少了树脂的损耗,只用一面模具就能获得两面光滑平坦的制品,可以对产品的厚度进行较好的控制。广泛用于船舶行业的方向舵和雷达罩,风力发电行业的风叶和机舱罩,以及汽车行业的各种车顶和挡风板,以及车辆行业的各种车辆^[6]。

4 案例分析

4.1 实施例1

一种复合网格制品,其网格是由80个网格构成,每个网格具有不同的尺寸和规格;但网格中的每一格的尺寸和尺寸都不一样,采用常规的金属硬模进行加工,存

在脱模难、加工复杂等问题。

本发明的碳纤维复合材料格栅的成型方法,具体包括以下步骤:

(1)芯模成型:首先选择的树脂,其凝固温度是80℃, T_g是123℃,所以选择了具有90℃熔点的低熔点合金,进行浇注成形,具体是:将心模模具和浇口预热到95℃,将低熔点合金熔融到105℃,并将其加热到105℃,混合均匀,随后将熔融液体顺着浇口缓慢地注入到模具中,直到浇口填满,然后冷却,脱模,用切割装置切断浇口,对切割区域进行抛光,浇口的高度比心模的上表面要高出3厘米,浇口的位置与心模的非成形面相对应。

(2)碳纤维织物的铺贴:将裁剪好的定形布放于心模上,每放4张定形布一次,然后将竖条和竖条放于平面上,待用。

合模:将芯模预制体组装好,在将每个芯模放在定位板上的时候,就将一块横筋塞进去,在完成一排之后,再将纵筋放进去,直到安装完毕。使用压力机将上、下盖板压紧,并对密封性能进行测试,在达到要求后,将模具的温度提升到60℃。

(4)注胶:将固化剂和环氧树脂以2:1的比例拌和,然后进行预热,然后用RTM打浆机进行除泡、灌浆。

(5)固化:将模头加热到80摄氏度,并保持4小时,模头加热速度不超过1.5摄氏度/分钟。

(6)脱模:冷却后,将带着心形的零件移出,用开水冲洗,没有心形的零件后,烘干即可得零件。

(7)加工:修边,加工装配孔。

4.2 实施例2

本发明的碳纤维复合材料格栅的成型方法,具体包括以下步骤:

(1)芯模成型:以产品的应用温度为依据,选用了一种可以在高温下进行硬化的环氧树脂,它的硬化温度是130摄氏度,后处理的温度是170摄氏度,然后选用了具有145摄氏度的低熔点金属,利用CNC进行了直接加工,所说的浇口的高度要比心模的上表面要高出3cm,所说的浇口的位置与所说的心模的未成形面相对应。

(2)碳纤维织物的铺贴:将裁剪好的布片放入型芯模具,采用特殊胶粘剂进行粘接:将横向和纵向的布片放入板片上,待用。

(3)合模:将芯模预制体组装好,在将一个芯模放在定位板上时,就将一根横筋塞进去,在完成一排之后,再

将纵筋放进去,直到安装结束:使用压力机将上盖板和下模具压紧,并对密封性能进行测试,当达到要求后,将模具的温度提升到100℃。

(4)注胶:将固化剂和环氧胶以100:35的比例拌和,然后用RTM打浆机进行脱泡、灌浆。

(5)固化:加热到130摄氏度,并保持2小时,加热速度不超过1.5摄氏度/分钟。

(6)脱模:拆分上下模,取出制件,在烘箱中于160℃加热,待芯模熔化后使用抹布擦除残渣。

(7)后固化:把成品放进模子里,然后把它放到170℃的温度下保持3小时,然后把它放出来。

(8)加工:修边,加工装配孔。

通过对上述方式形成的复合材料格栅进行了测试,发现按照上述方式形成的复合材料格栅,其表面粗糙度可以达到Ra1.6,可以满足气动面的使用要求,直线度低于1mm/m,可以满足组装的要求。脱模过程中没有遇到任何阻碍,并且低熔点合金芯模定位准确、膨胀量远低于硅橡胶,多批次生产的尺寸稳定性要比硅橡胶芯模高得多。

结束语

格栅条的粗细、粗细和表面光滑。结果表明,该产品的内部质量较好,达到了设计的要求。格栅形碳纤维复合锥体简易零件,全长950毫米,直径400毫米,重量仅为1220克(含金属连接部的214克),相比于原来的固体碳纤维复合零件(1540克),轻了320克。

参考文献

- [1]吴利英,靳武刚,高建军,等. 格栅形碳纤维复合材料制件成型技术研究[J]. 现代塑料加工应用,2007,19(3):48-50.
- [2]李英睿. 纤维增强复合材料超声辅助增材制造技术研究[D]. 黑龙江:哈尔滨工业大学,2018.
- [3]白娅萍,王浩军,房晓斌,等. 凹模成型C型复合材料梁制件制造技术研究[J]. 粘接,2022,49(2):74-78.
- [4]关成龙,湛利华,戴光明, et al. 一种将振动处理引入复合材料固化工艺的复合成型技术[J]. 中南大学学报(英文版),2021,28(10):2961-2972.
- [5]陈钊. 碳纤维复合材料的结构模型仿真及其成型工艺的多场耦合数值模拟[D]. 湖北:华中科技大学,2011.
- [6]陶振刚. 碳纤维复合材料注塑成型性研究[D]. 上海:上海工程技术大学,2015.