

复合材料叶梁的热压成型

杨涛¹ 葛邦¹ 姜锋² 刘国林² 高殿斌¹

(1 天津工业大学机电工程学院,天津 300160)

(2 保定惠阳航空螺旋桨制造厂设备处,保定 072152)

文 摘 压力和温度是叶梁热压成型最重要的工艺参数。结合叶梁热压成型工艺设计了复合材料热压设备,阐述了叶梁模具结构。成型压力由液压系统提供,其模压工艺参数如压力、流量、位置等通过控制电液比例元件来实现。模具温度控制系统由过程控制器、温度传感器、调功板、晶闸管模块等组成。整个系统很好的完成了叶梁热压成型。

关键词 叶梁,热压成型,复合材料,预浸料

Composites Moulding Method and System for Windstick

Yang Tao¹ Ge Bang¹ Jiang Feng² Liu Guolin² Gao Dianbin¹

(1 College of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160)

(2 Equipment Department, Baoding Huiyang Aviation Propeller Factory, Baoding 072152)

Abstract The temperature and pressure are the most important parameters when composites is turned into windstick under heating and pressing. In this paper, composites moulding equipment was designed for windstick and mould structure was analyzed. The technological pressure was supplied by hydraulic system. Electro-hydraulic proportional components was realized by controlling hydraulic parameters such as pressure, flow, position, etc. The moulding temperature control system is made of process controller, temperature sensor, power circuitry, solid-state relay. Application experiments show that the composites moulding system can meet the demand of windstick.

Key words Windstick, Moulding, Composites, Prepregs

1 引言

叶梁的材料是一种复合材料,其模压成型工艺是将缠绕成型预浸料^[1]放入金属对模中,在一定的温度和压力作用下,使得预浸料塑化产生流动充满模腔,并使树脂发生固化反应。采用热压工艺对叶梁这种结构复杂的制品可一次成型,无需有损于制品性能的辅助加工,制品的外观及尺寸的重复性好,在复合材料成型领域已得到广泛应用^[2~8]。早期的热压成型加工设备控制性能差,对工艺参数的复现性差,难以保证产品质量,更难以确定最优的工艺参数。随着热压成型技术的不断发展,对性能优良的加工设备的需求更加迫切。本文阐述叶梁热压成型工艺,设计了热压成型机总体结构,分析了叶梁热压成型最重要的两个工艺参数:压力和温度的控制及实现方法。

2 叶梁热压成型工艺

叶梁热压成型工艺流程:开模、装料、合模、加压加热成型、出模。

(1)开模:在翻转液压缸的作用下上模分离。

(2)装料:在模具内装上预浸料,并通过拉紧液压缸张紧预浸料,等待合模。

(3)合模:卡紧液压缸插入上模板内,卡紧上模使其保持水平。

(4)成型:在一定的温度和压力作用下预浸料流动充满模腔,并固化成型。合模后压力升至 4 MPa,每隔 60 s 均匀上升,由 4 MPa 直至 12 MPa,合模后模具温度以 6 /min 速率升至 155 ,保温 3 h,以 6 /min 速率降至小于 50 开模。

(5)出模:主液压缸伸出,抬起下模与上模合模,完成压制成型。

3 叶梁热压成型机总体设计

收稿日期:2008-04-10

作者简介:杨涛,1970年出生,博士,主要从事机电一体化、复合材料成型技术与装备方面的研究。E-mail: yangtao@tjpu.edu.cn; yt@tdme.tju.edu

叶梁成型采用缠绕模压法,即将预浸过树脂胶液的连续纤维或布(带),通过专用缠绕机提供一定的张力和温度,缠在芯模上,再放入模具中加热加压。叶梁热压成型机总体结构见图 1,将事先缠绕好的预浸料放进下模 3 中,上模 2 和下模 3 经过合模组合在一起,合模工艺采取上模 2 固定,下模 3 向上运动完成。上模 2 可以实现翻转,以利于取模更换模具和清洁。其翻转角度为 90°;下模 3 升起运动由主液压缸 6 完成,同时下模上另设计了张紧装置,用来张紧预浸料,其主要张紧力来自另一个液压缸。上模设计为可旋转 180° 的结构,方便对上模进行清洗和安装。又因为该成型过程需要在一定的温度下完成,因此上模 2 安装在热油板 1,下模 3 安装在热油板 4 上。立柱将上横梁与下横梁紧固的连接在一起,形成一个封闭的刚性受力框架 5,热压机工作时可以承受较大的轴向拉力。

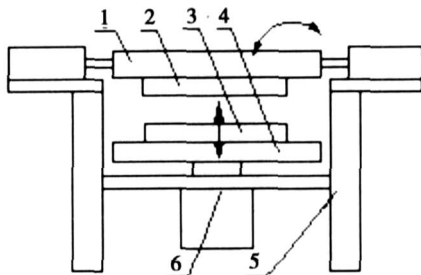


图 1 叶梁热压成型机总体结构

Fig 1 System structure

1—热油板; 2—上模; 3—下模; 4—热油板; 5—框架; 6—主液压缸。

模压工艺中使用的模具是由上模(凸模)和下模(凹模)组成的对模。模具结构应有利于合模,脱模和热压。以下模为例,其结构见图 2。

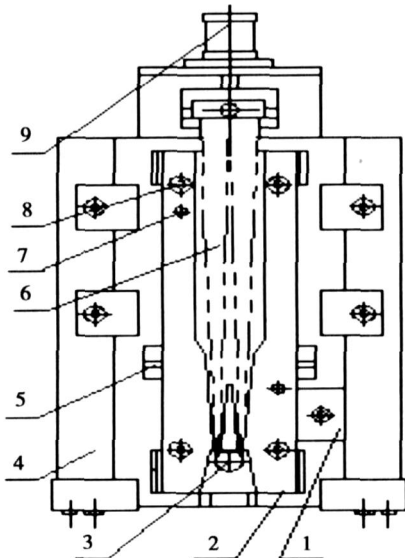


图 2 下模部分结构

Fig 2 Structure of below mould

1—温度块; 2—下模; 3—卡环; 4—热油板; 5—合模定位槽; 6—叶梁型腔; 7—合模导向销; 8—固定螺钉; 9—张紧液压缸。

宇航材料工艺 2008年 第 5期

(1)用 4 个内六角螺钉 8 将下模 2 固定在热油板 4 上。导热油在外加热后通过热油板 4 加热下模 2。

(2)合模前,将缠绕机缠绕成相应尺寸的预压料放入叶梁型腔 6 中,其一端套在模具上的卡环 3 上,另一端通过张紧液压缸 9 张紧。

(3)通过合模导向销 8、合模定位槽 5 进行定位,保证合模准确。

(4)成型在一定的温度和压力作用下预浸料流动充满模腔,并固化成型。

(5)温度块 1 内安装有温度传感器,利用温度传感器来实现对模具温度的测量。

4 液压系统的设计

热压成型设备应在一定范围内对叶梁施加受控的压力,压力对叶梁成型质量有较大的影响。热压过程中,应力在径向的分布是不均匀的,从而导致材料体积流动在径向分布的不均匀。图 3 为主液压缸 G1 工作原理图。G1 按照工艺要求提供变化的压力。

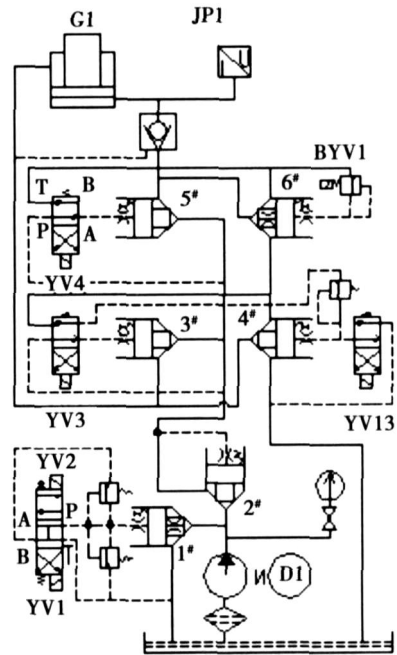


图 3 主缸液压原理

Fig 3 Method of hydraulic press

(1)首先开启电机,带动油泵旋转,此时系统电磁阀处于中位,系统压力阀控制油直接回油箱,从而 1# 压力阀插装件也处于常开状态,液压油处于空循环状态,系统无压力。

(2)G1 油缸上升: YV1 通电,系统电磁阀换向, P、B 油口相通,控制油封住低压先导溢流阀,只有高压先导溢流阀可以控制油泵的系统压力,只需适当调整先导溢流阀手轮,控制油的压力就会适当升高,进而系统压力阀插装件 1# 就会关闭,系统压力油的压力也跟着升高,压力升高的大小由先导溢流阀控制。

压力油打开方向阀插装件 2[#]后进入 3[#]、5[#]及其他方向阀入口处,当这些方向阀上的先导阀不通电时,系统控制油作用于方向阀上,使方向阀处于关闭状态,系统压力油打不开方向阀,就进入不了油缸,油缸从而不动作,当 YV4通电后,电磁阀上的 A、T口相通,方向阀插装件 5[#]上的控制油压力变为零,这时系统压力油很容易打开 5[#]方向阀插装件,经液控单向阀进入油缸下腔,推动油缸缓慢向上运动,而此时系统压力的大小还同时决定于比例溢流阀 B YV1,通过电气控制顶出压力的大小,油缸上腔的液压油则需要克服 4[#]插装件的先导溢流阀控制的背压回油箱,背压的大小由此先导溢流阀调整,当 YV13通电时,4[#]插装件的控制油直接回油箱,插装件完全打开,油缸上腔的液压油快速回油箱,GI油缸就会快速上升。

(3) GI油缸下降: YV1、YV3通电,系统压力油打开 3[#]方向阀插装件,进入油缸上腔,推动油缸下降,而下腔的油则经过液控单向阀后通过 6[#]压力阀插装件回油箱,此时比例阀的控制电压应为 0 V。

5 温度控制系统的设计

温度影响着树脂的流动性和固化成型,因而决定了热压过程中产品的最终形状和成型质量。叶梁合模后模具以 6 /min速率升至 155 ,保温 3 h,以 6 /min速率降至小于 50 开模,属于变温控制^[9]。本系统模具温度控制系统管路示意图见图 4。

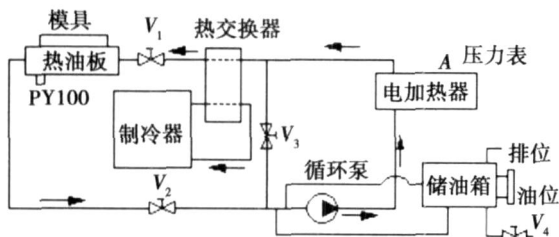


图 4 温度控制系统原理
Fig 4 Temperature system

导热油温度设定在上位机上设定,来自温度传感器的信号经变换、运算处理后,作为反馈信号。仪表的微处理器对误差进行常规的和先进的控制运算,应用了模糊控制理论。运算输出变换为 4 ~ 20 mA 电流信号,该电流信号送到 PAC35C调功板的输入端子上。并联晶闸模块与电加热器串联后接在交流电源上,调功板输出的控制信号加在晶闸管模块的相应端子上,电加热器产生相应的加热功率,导热油的温度不断上升,在微处理器的控制下,最终达到设定温度。当设定值改变或过程变值受到扰动发生变化时,微处理器进行自适应(自整定)控制,修改 P、I、D 参数,使系统再次达到设定温度。

该仪表控制策略的特点是模糊控制不影响 P、I、D 参数,模糊控制主要用于抑制超调,达到响应快又无超调的目的。温度数据由仪表的通信接口经通信转换模块送到上位计算机,可进行屏幕显示、存盘和打印。

6 成型结果

图 5 (a)为将缠绕成型预浸料放入金属对模中的下模中。通过合模在一定的温度和压力作用下,使得预浸料塑化产生流动充满模腔,并使树脂发生固化反应。在预浸料流动充满模腔的过程中,迫使树脂流动,增强材料也随之流动,使树脂和纤维同时填满模腔的各个部位。热压成型后就成为最终叶梁产品,见图 5 (b)。该模压成型系统具有高强度、高精度、耐高温。模压成型方法生产效率高,制品尺寸精确,表面光洁。



(a) 合模前下模 (b) 热压成型的叶梁样品

图 5 叶梁热压成型样品

Fig 5 Sample after hot and press

参考文献

- 1 杨涛,高殿斌,李开越. 复合材料尾桨叶梁恒张力缠绕设计应用. 宇航材料工艺, 2008; 38(1): 28 ~ 30
- 2 陈蔚岗,张国腾. 热塑性预浸带模压成型工艺研究. 纤维复合材料, 2002; (2): 29 ~ 30
- 3 蒋向,邓剑如. 芳纶短纤维/聚氨酯树脂复合材料成型工艺研究. 玻璃钢/复合材料, 2007; (2): 48 ~ 50
- 4 于柏峰,黄力刚,耿岩. 复合材料风机转子叶片制造工艺的评价. 纤维复合材料, 2007; (3): 24 ~ 26
- 5 乌云其其格. 模压成型工艺对复合材料性能影响. 玻璃钢/复合材料, 2001; (5): 40 ~ 41
- 6 杨晓燕,孙岩. 模压成型过程中的复合材料在模腔内的力学分析. 玻璃钢/复合材料, 2007; (9): 16 ~ 19
- 7 朱斌. 型材的模压成型及其模具设计. 宇航材料工艺, 1995; 25(2): 25 ~ 29
- 8 张力,孟春玲,张扬. 复合材料汽车制动缸的成型工艺和模具设计. 塑料工业, 2007; 35(4): 39 ~ 43
- 9 蒋炳炎,沈龙江,彭华建. 微注射成型中变模温控制技术. 中国塑料, 2006; 20(3): 99 ~ 102

(编辑 任涛)