

碳纤维自行车整体车架成型工艺分析

陶 浩* 段红杰[†] 杨向东

A

(郑州轻工业学院机械工程系 郑州 450002)

摘要 在分析了常用复合材料成型工艺基础上,针对自由形态自行车车架结构特点,确定了 RTM(resin transfer moulding)法改进成型工艺,并对工艺装置、材料、工艺流程进行了研究。RTM 法可实现复杂形状的车架一次整体性成型,所制碳纤维自由形态自行车架的纤维浸润性好,层间结合力高,力学性能良好。

关键词 碳纤维;自行车;成型;工艺
中图分类号 TB332; TQ342.742, U484

0 引言

自行车作为生活中常用的代步工具,以其造价低廉、维修简单、使用方便等特点而深受人们的喜爱,形成了巨大的消费市场。随着现代社会的飞速发展,自行车已由原来单纯的交通和运输工具而演变成为集健身、旅游、竞赛等多种功能的运动器械,这就要求其外观更美、重量更轻、骑乘也更为舒适。

自行车档次的高低取决于车体材料的选择和做工,典型的低、中、高档自行车构架分别由碳钢、铬铝合金及铝合金和碳纤维制造。碳纤维是一种新型的复合材料,它有重量轻、比强度高、比刚度大等优点,而且具有可设计性和易成型性,从而使得产品的设计结构有更高的效率。

目前,世界各国都对研制新形态、新材料的自行车投入了巨大的人力、物力、财力。美、英等国家都已开发生产出碳纤维自行车整体车架。整体式碳纤维车架使自行车摆脱了传统的菱形模式,造型更流畅和活泼多变,车架装饰更丰富多彩、鲜艳别致。本课题组也由中国轻工总会资助,研制开发出造型新颖的有机形态碳纤维整体车架(如图 1 所示)。

1 常见复合材料成型工艺

复合材料构件的成型完全不同于传统金属零件的制造,它是材料形成与构件成型同时完成的,构件性能与制造工艺紧密相关,构件质量在很大程度上依赖于制造技术。碳纤维制品的

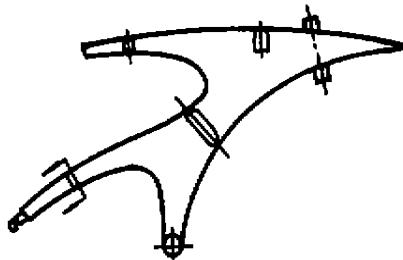


图 1 自行车形态方案

* 本文收到日期:1997-02-27 中国轻工总会科技攻关项目(轻科 94031)

** 男,32岁,讲师

成型,是指将碳纤维按不同方向、不同层数铺设出制品形状,在一定压力和温度下固化成型。而复合材料成型工艺,较常见的有以下 5 种。

1.1 棱糊成型工艺

它是用手工将预浸料棱糊在模具上,然后固化成型。此法最大的优点是工艺装备简单,靠手工完成比较复杂的操作,能加工出形状复杂的零件,适用于小批量生产;缺点是生产效率低、劳动条件差,劳动强度大。笔者采用该工艺试制出的碳纤维整体车架样件,表观质量尚可,但尺寸精度较差,工艺稳定性差。

1.2 纤维缠绕成型工艺

它是开发最早的连续成型工艺,即纤维通过树脂胶槽浸上树脂后按照一定的规律缠绕在转动的芯模上,然后经加热使胶液固化成型。它的一个突出特点是能够按照制品的受力情况,将纤维按一定规律排布,从而充分发挥纤维的强度,获得轻质高强的制品;在工艺上能实现连续化、机械化生产,并且生产周期短,生产效率高,劳动强度小,适用于制造圆柱体、球体及某些正曲率回转体或筒形制品。

1.3 拉挤工艺

它是发展速度较快的一种成型工艺,即纤维通过树脂槽浸渍树脂后进入加热模具固化,制成各种各样不同形状的型材。其优点是能一次压制出形状复杂、尺寸准确的零件,生产率高,但工艺装备复杂,不适用于制备批量小、尺寸大的产品。

1.4 树脂传递模压工艺(RTM)

RTM(resin transfer moulding)工艺是 90 年代最热门的一种成型工艺,即先将增强材料做成预成型件放入封闭模具中,在真空和压力的条件下,树脂被注入模具而固化成型。其特点是:1)工艺过程简单,避免了预浸料这一中间环节;2)低压注胶,节约了附加设备的费用;3)封闭式模具操作,作业环境清洁;4)易于实现自动化和计算机控制;5)制件表面质量好。因此,RTM 技术有很好的发展前景。

1.5 编织成型工艺

三维编织的过程是参加编织的所有纤维都沿同一方向排列,然后每根纤维束都沿自己的方向偏移一个角度互相交织形成织物的过程。采用三维编织的复合材料具有整体性和力学的合理性两大特点,其在剪切强度、抗冲击损伤特性等性能方面均优于传统的层合复合材料,因此采用编织结构的复合材料发展迅速。

三维编织分圆机和方机两种,用这两种机器可以编织出许多复杂的编织物。但这些复杂形状大多来源于两种基本形状——长方体和厚壁的圆管。

2 碳纤维自行车整体车架成型工艺

成型工艺是碳纤维车架制品的关键环节,成型工艺的选择取决于制品的形状、物理性能要求和用途。笔者设计的有机形态自行车车架的结构具有自由形态的三维曲面、非等径结构、截面变化比较大等特点,因而无法采用缠绕法和拉挤法;而编织成型工艺,在编织之前,必须使用计算机对制作零件的编织物进行设计和计算,由于车架是三维自由曲面,难于构造出数学模型,无法进行编程计算,因此难以采用编织法。基于以上原因,在多方调研和分析比较的基础上,决定采用 RTM 的改进工艺——真空辅助 RTM 成型工艺。

2.1 工艺装置

真空辅助 RTM 工艺装置(如图 2)主要由树脂注射机、成型模具、抽真空设备三部分组成。

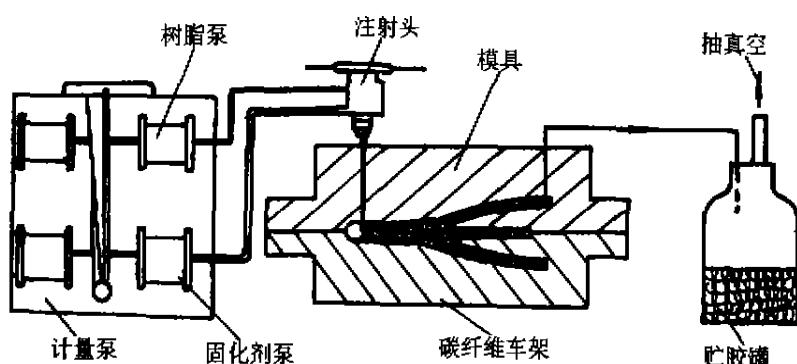


图2 RTM 工艺装置示意图

2.1.1 树脂注射机由计量泵、注射头组成。计量泵含有树脂泵、固化剂泵及计量装置，树脂及固化剂经计量泵按一定的比例加压输入注射头中，经注射头混合后注入模具。这种方法注射速度易于控制，树脂和固化剂只在注射头中混合，因而可长期存放，且注射结束后易于清洗。

2.1.2 成型模具采用铝合金制造，铝合金模具使用寿命长(>25000 次)，表面质量良好。模具结构为组合形式，有定位、锁紧、开启、密封装置。注射口位于模具最低点即车架前脸管附近，排出口在树脂较难流到的车架后叉钩处。抽真空设备同排出口相连接，在注射机注射树脂的同时抽真空。这样能增加树脂传递压力，排除模具及树脂中的气泡和水分，并为树脂在模腔中打开通道，形成完整的通路，从而大大提高制品成功率，使得制品质量上升。

2.2 工艺特点及材料

RTM 工艺的关键是树脂系统的选择。为了提高车架的质量，笔者选用了韧性好、同碳纤维亲合力强的改性环氧树脂 J153。要将树脂输送至模腔内并迫使树脂迅速浸润纤维，其粘度为 $0.025 \text{ Pa} \cdot \text{s} \sim 0.030 \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 为最佳，以加热压注方式为好。

树脂传递压力是 RTM 工艺中应该控制的主要参数，此压力用来克服流入模腔和浸透碳纤维时所遇到的阻力。注射压力必须满足注射速度的要求，注射操作一般要求在树脂胶凝的 $1/4 \sim 1/2$ 时间内完成，注射压力为 $0.3 \text{ MPa} \sim 0.5 \text{ MPa}$ 。

树脂完成传递的时间与系统压力和温度有关，时间短可提高生产效率，但如果树脂流量太大，胶液就来不及浸透碳纤维。因此，一般要求在传递过程中进入模具的树脂液面上升速度 $\leq 25 \text{ mm/min}$ 。通过模具上的观察口(排出口)来监控树脂传递过程。

2.3 工艺流程 见图 3.

3 结论

3.1 RTM 法可以实现复杂形状的车架一次整体性成型，从而简化了车架结构，并且减少了车架组成零件和联接零件的数量，因而能有效地减轻车架重量，降

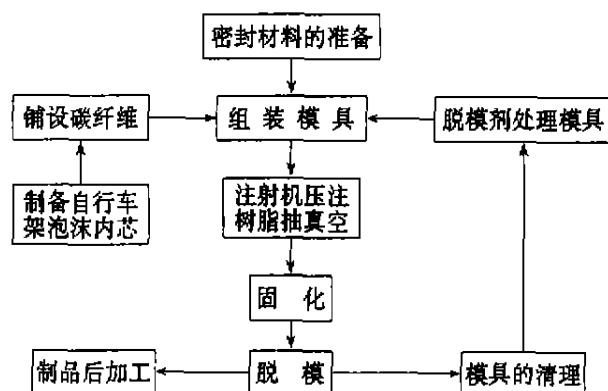


图3 车架成型工艺流程图

低工艺消耗和提高车架结构的使用性能.

3.2 RTM 法成型形状复杂的制品比较方便. 因为树脂在固化前具有一定的流动性, 纤维很柔软, 能依靠模具形成所要求的形状和尺寸. 这对单件和小批量产品尤为方便, 是金属制品工艺无法相比的.

3.3 真空辅助 RTM 工艺制造的碳纤维自由形态自行车架的纤维浸润性好, 层间结合力高, 力学性能良好. 有关的力学性能分析将另文发表.

参 考 文 献

- 1 航空航天工业部科学技术研究院编. 复合材料设计手册. 北京: 航空工业出版社, 1990. 13~141
- 2 肖翠荣, 唐羽章. 复合材料工艺学. 长沙: 国防科技大学出版社, 1990. 103~345
- 3 杨桂等. 编造结构复合材料及其工艺的研究. 复合材料进展, 1995. 227~228

ANALYSING OF SHAPED TECHNOLOGY OF CARBON FIBRE INTEGRAL BICYCLE FRAME

Tao Hao Duan Hongjie Yang Xiangdong *

ABSTRACT

On the base of analyzing composite shaped technology, according to structure features of free shape frame of bicycle, this paper affirms RTM (resin transfer moulding) improvement shaped technology. The technological devices, materials and technological process are studied.

Keywords: carbon fibre; bicycle; shaped; technology

* Tao Hao place of work is Mechanical Engineering Department of ZILI