

航空复合材料自动化技术进展

Development of Automation Technology for Aeronautical Composites

陈亚莉 / 中国航空工业发展研究中心

摘要: 综述了航空复合材料自动化技术的发展现状及趋势。

关键词: 复合材料; 自动化

Keywords: composites; automation

0 引言

随着复合材料在航空工业应用的增长,复合材料零部件及结构制造自动化也将随之扩展。美国《复合材料市场报告》指出,今后十年内,采用自动化制造技术生产的复合材料航空结构的数量将大幅度上升。该结论是在分析了诸如自动化纤维铺放(AFP)、自动化铺带(ATL)技术的情况以及对自动化机床市场进行分析后得出的。

市场数据表明,用AFP或ATL制造的航空结构总量目前小于20%,但今后10年,保守地说,估计这一数据将大致翻一番,达到40%。这类机器将占制造复合材料结构相当大的一部分份额,估计复合材料结构将从2010年的108640kg增长到2015年的635040至680400kg。有力推动这一增长的动力也许是大量使用复合材料的民机波音787和A350飞机,同时还有洛克希德公司制造的F-35联合攻击机。预计2015年,波音787及A350将开始高速生产,这就需要有庞大的生产复合材料部件的能力。

迄今为止,生产率的提高使复合材料制造自动化得到广泛认可,在铺层效率上,这些自动化机器将手工铺层的0.9kg/h提高了大约一个数量级。

1 人为误差与不稳定性的影响

除了生产效率外,推动复合材料生产自动化的还有其他的因素。古德里奇航空结构公司的业务及产品策略副总裁罗杰斯认为,其中的两个重要因素是人工工效学及稳定性。他认为,波音787及A350XWB改变了复合材料制造的格局。这两个产品极大推动了复合材料的应用,使复合材料不只用作像飞行控制面之类的较小部件,而是推动了复合材料用于制造整个飞机,使复合材料的成本随着用量的增加而降低。在这方面,自动化的作用功不可没,采用自动化避免了人为因素及工艺的不稳定性。

对比说明最好的例子,莫过于采用古德里奇公司的Ingersol机床公司(IMT)提供的AFP机器,铺放波音787及A350XWB的发动机短舱,尺寸超过3m×3m的该发动机的反推力装置属于大型结构,过去用手工铺,工人要在织物上依靠手脚爬行,对工人的安全及工件质量都很不利。

为了满足波音787的高生产率,减少工艺不稳定性也很重要。过去将反推力装置的两个半部装配到发动机上一度需要长达数月时间,而根据波音787要求,这项工作只能在数小时内完成。要满足这一时间上的要求,产品的尺寸

变化必须要小,即要确保产品尺寸稳定,才能取消夹具或将夹具数量减到最少。而自动化可以提供这种至关重要的产品稳定性。

2 生产率以及检验成本

提高生产效率仍然是一项重要任务。根据IMT公司的报道,过去几年生产率得到加速提高,2007年,该公司机器的生产率(铺放率)大约为3.4kg/h。通过技术改进,到2008年初,铺放率达到14.4kg/h,同年末增加到20.9kg/h。IMT公司的最新铺放机MongooseVI立式铺放机,是公司引以为自豪的筒子架式铺放机,有一个可自动变换的组件。

自动质量检验控制系统用一个具有专利的扫描器及摄像机组合装置,用于铺放时对表面进行检验并与存储的CAD数据进行对比。如果铺放时出现问题,如出现纤维断裂,系统立即向操作人员发出警报,进行校正。目前只有操作人员及质量检验员进行目视检查铺层,而该公司的完全一体化的检验系统可以实时识别每一道铺层的均一性以及差异,其中半数问题可以通过机器自身矫正。因此,虽然IMT公司的生产率提高了500%,但检验及返工时间占了生产周期30%。

上述复合材料市场报告对检验成

本进行了展望。民用飞机典型复合材料结构包括检验在内的成本在507美元/kg~606美元/kg之间,其中复合材料增强体只占102美元/kg~154美元/kg,机器的成本更小,而大约220美元/kg为检验及后续工作费用。航空结构大约33%~50%的成本与手工检验及后续的缺陷检验有关。

3 铺放机的进步

提升现用机器能力也是供应商另一项重点工作。复合材料结构制造机器属于技术不断演进的领域。据MAG公司称,2000年出厂的机器,其控制技术目前已得到显著改进。例如,肖特公司与MAG公司签订合同,提升MAG制造的Charger复合材料自动铺放机的能力,包括新的控制软件和新的控制系统。这种新的控制系统可以更快处理数据以及以不同方式将数据分类,以便加快处理及控制速度。此举将提高铺带机的能力,有可能将运行周期缩短10%~15%。铺放机也可能会采用新的机械装置,该装置可使其在150~305mm带宽之间进行转换时,使转换时间减少50%,加快铺带速度。

由于提高生产效率是重要的,因此机器与工件的正确匹配至关重要,即机器功能应面向工件,针对工件而设计,这一点可与金属切削工业相当。后者在其175年的历史中,加工机床可分为两大基本类型:卧式及立式机床。每类机床的设

备又分为多种型别。复合材料的设备也将是这一趋势。

许多公司想买的机床是可以在制造波音787、A350、F-35以及民用公务机等机种上有通用灵活性。IMT公司目前可提供这样的机器。不过随着时间的推移,机床工业有可能会为二级供应商服务,这种二级供应商只想制造单一的零部件,如公务机的机身,而且是它唯一要制造的产品。这些供应商对制造波音787机身用的大型铺带机不感兴趣,他们需要的机器种类少而相对集中,很像较小型的切削中心。预计这类机器将有大的发展。

4 可靠性与小件铺放

复合材料制造开发商ATK的总裁称:一般来说,我们需要运行可靠稳定的自动化铺带机及纤维铺放机,它有助于改善铺层效率,机器总的运行速度并不像保持机器干净及运转可靠那样关键。关键是机器与材料的匹配性,机器要能加工不同黏度水平、不同厚度以及不同预浸水平的材料。

目前,复合材料铺层机器工业的重点一直放在所谓的大面积零部件铺层的自动化,即蒙皮及壳体的铺层设备上,但在许多情况下,结构的重量及成本一半以上是加强筋零件而不是蒙皮。ATK公司的开发重点放在增加长的整体化机身、机翼、及整流罩上的应用,这些结构中的加强筋也变得足够大,可以算作大面积复合材料件。因此,复合材料自动化的未来将包括更多的混合工艺,即AFP(自动纤维铺放)、ATL(自动铺带)的组合。RTM(树脂传递模塑)以及RFI(树脂膜熔渗)的增强体铺层工艺的自动化也将是这样的混合工艺。

图1所示为ATK公司为制造A350XWB复合材料桁条及框架结构开

发的自动化铺层机。与标准的铺层机相比,它具有成本低、质量高、较高的致密性及重复性好的优点。这种桁条及框架自动化铺层机的特点是设计上的灵活性,可以提供线性及径向铺层方案,速率几乎是传统铺层的10倍。加上ATK公司的先进超声检验设备,使得铺层效率高,构件质量非常好。

对于生产批量小以及工艺复杂的航空工厂来说,采用工业机器人可以代替人工铺层,生产率高、成本低。在机器人中快速控制器以及小的马达有更多的运动轴,从而使机器人的臂能做更多需要人工完成的工作。

预计MAG公司今年晚些时候将公布一种基于机器人的自动化纤维铺放机,它是针对匹配良好的AFP设计的。这种机器虽然相对于典型的多轴机器有不足之处,但在某些场合将会有有用武之地。

德国Aerotec公司已开发了一种自动化的碳纤维复合材料铺放系统,以及自行加热预成形及固化系统。其方法是机器人铺放装置采用真空杯来支承材料,用一种特殊的塑料泡沫来铺敷,泡沫根据不同的材料类型(干态层合板或预浸料)进行剪裁。公司已对三维体物件(如复杂的C型梁或薄壳的加强件)的铺敷进行了验证。自动化的铺敷系统与自行加热成形及固化系统相结合,可缩短16%制造周期并节省大量能源。

AME

作者简介

陈亚莉,研究员,长期从事航空材料情报研究工作。

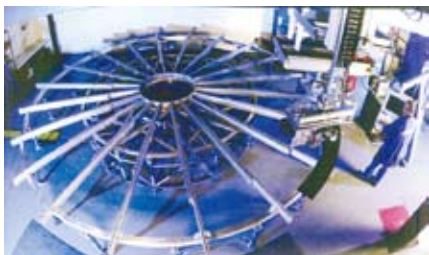


图1 用于制造A350XWB复合材料桁条及框架结构的自动化铺层机