

浅析亚洲复合材料市场及 复合材料低成本制造技术

Asian Composites Market and Low-Cost Manufacturing Technology of Composites

中国科学技术信息研究所 黄薇
本刊记者 依然

复合材料是新材料领域的重要组成部分,与传统材料相比,复合材料具有可设计性强,比强度、比模量高,抗疲劳断裂性能好,结构功能一体化等一系列优越性能。现代高科技的发展离不开复合材料,复合材料对现代科学技术的发展有着十分重要的作用。复合材料的研究深度和应用广度,及其生产发展的速度和规模,已成为衡量一个国家科学技术先进水平的重要标志之一。

复合材料是新材料领域的重要组成部分,与传统材料相比,复合材料具有可设计性强,比强度、比模量高,抗疲劳断裂性能好,结构功能一体化等一系列优越性能^[1]。现代高科技的发展离不开复合材料,复合材料对现代科学技术的发展有着十分重要的作用。复合材料的研究深度、应用广度,及其生产发展的速度和规模,已成为衡量一个国家科学技术先进水平的重要标志之一。进入21世纪,全球复合材料市场快速增长,亚洲尤其中国市场增长较快。

蓬勃发展的亚洲 复合材料市场

在新兴市场经济腾飞以及城市化迅速推进的激励下,亚太地区对先进复合材料的需求始终保持稳健增长的势头。2010年,全球复合材料

产量提升了近5%,达800万t,其中仅亚太地区就占到了总产量的38%,这主要归功于中国和印度市场前所未有的迅猛增长。

全球拥有250000用户的世界最大复合材料行业组织——JEC集团,在其复合材料市场年度调查中指出:从现在起至2015年,亚洲复合材料产量估计将占到全球总产量的43%。JEC集团总裁兼首席执行官Frédérique Mutel女士表示:“世界大多数发达地区的复合材料市场蒸蒸日上。这一蓬勃发展的势头在很大程度上取决于亚洲的工业腾飞。同时,市场对先进复合材料的需求也与日俱增,且应用范围非常广泛。我们认为,未来5年内,复合材料将在亚洲的建筑、航空航天、汽车、风电以及EEE(电气和电子设备)等领域取得稳定长足的发展^[2]。”2012年6

月26~28日,新加坡迎来了举办5周年的JEC Asia复合材料展,吸引了来自51个国家和地区的7000多位专业领域的参观者,其中76%来自亚太地区。亚太地区专业人士与决策者如此踊跃地参加JEC亚洲展,强有力地证明,亚太地区复合材料行业的蓬勃发展。

与成熟且发展稳定的北美、欧洲复合材料市场相比,亚洲复合材料市场因不同国家的经济发展速度、市场规模、技术水平以及应用方向的不同而呈现出不同的结构^[3]。复合材料发展比较好的国家,如日本、韩国、印度、中国拥有较完整的复合材料发展产业链。

(1)日本。

日本是世界碳纤维主要生产国,制品应用多样而且水平较高。日本十分重视FRP在工程方面的应用,

包括污水处理池等环卫应用和板材等结构件,以及复合材料在汽车上的应用。目前他们正致力于新型热致复合材料和纳米复合材料复合材料保护层与衬层,以及复合材料在飞机、航空航天应用方面的研究^[4]。

(2) 韩国。

韩国在复合材料微观力学、寿命预测、风机叶片全压静力试验和声发射检测等基础性研究、耐蚀乙烯基酯树脂,以及摆式列车复合材料车辆外壳上有长足发展,从复合材料基础研究到应用,韩国复合材料产业水平相当高^[4]。

(3) 印度。

印度进入本世纪来复合材料产业发展较快。印度的风电产业居亚洲领先地位,天然纤维复合材料发展成效显著。近些年印度十分注意交通方面的复合材料应用开发,例如汽车用产业织物和 PP-LFT 应用、列车 FRP 水箱等^[4]。

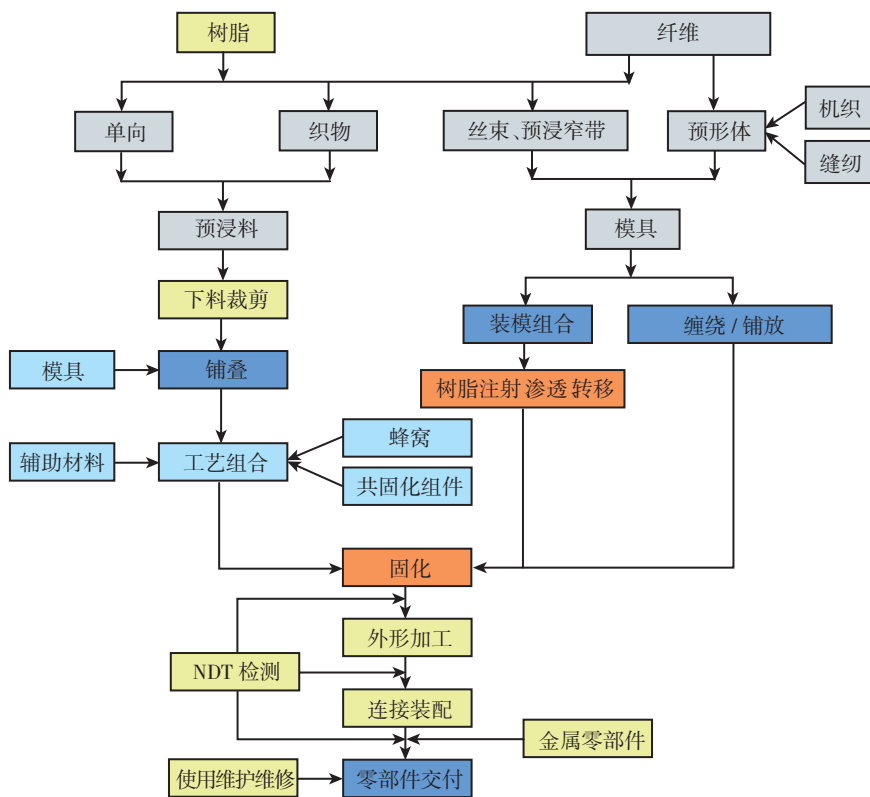
(4) 中国。

我国大陆是亚洲复合材料增长最快、最大的生产和消费国,风能、大型飞机、汽车工业、建筑业、造船、环保等成为复合材料市场的主导力量,2006~2011年我国玻璃钢/复合材料总产量如表1所示^[5]。我国的大市场吸引了,例如 Hexcel、Gruit、Vestas、RTP、Alcan、Menzolite、Huntsman 等国外一些知名复材企业入住,并纷纷在我国建厂或扩产,均取得良好的效益^[4]。我国台湾地区复合材料产业也相当发达,CCL、

CFRP 产品,特别是碳纤维制造的自行车举世闻名。另外,还开发出了颇具特色的产品,如燃料电池双极板、地下贮油罐、轨道车件、精密轴辊等^[4]。

与此同时,我国的“十二五”新材料产业规划将复合材料纳入重点支持产业方向,要求以自主创新和集成创新为动力,以企业为主体,以

“十一五”提高 5~8 个百分点;产品制造水平达到世界一流水平。重点发展与基础设施和建筑、能源及环保、交通运输及航空航天等相关的复合材料系列产品及其装备制造。特别注重新能源领域、海洋石油开发领域、电力建设领域、环保领域以及碳纤维复合材料为代表的先进复合材料的基础研究和应用研究与开发。



复合材料主要生产工艺^[7]

市场为导向,拓展复合材料在航空航天、交通运输,风电、新能源和可再生能源、海洋石油开发、智能电网建设等高端市场的应用。到 2015 年,“十二五”期间,复合材料产量达到 600 万 t,其中热固性复合材料产量达到 300 万 t,热塑性复合材料用量达到 230 万 t。通过技术进步促进复合材料产业升级,使我国复合材料产业由生产大国向复合材料强国迈进。实现机械化成型设备整体制造水平达到世界一流水平,产品的机械化成型率达到 75% 以上,比

复合材料低成本制造技术

目前,各行业对复合材料的需求越来越强烈,复合材料的应用前景也越来越光明。这些需求主要来自:一是航空航天领域,对于中国来说主要是大飞机项目;二是能源领域,如风电、叶片、输电的电缆线等;三是现代交通工具领域,如高铁、火车的结构材料等;另外汽车领域对复合材料的需求也日益明显^[6]。随着各种新工艺、新技术的涌现,复合材料制造工艺已成为复合材料加工制造的

表1 2006~2011年我国玻璃钢/复合材料总产量 万t

年份	热固性	热塑性	总产量
2006	140	48	188
2007	160	54	214
2008	179	56	235
2009	197	73	270
2010	238	91	329
2011	263	118	381

关键,涵盖的技术面广、技术含量高、涉及的成本份额占总成本的 80% 以上^[7]。因此,低成本制造技术仍是复合材料发展中亟待解决的重要问题。下面本文主要从复合材料低温固化技术、复合材料自动铺放技术、复合材料切削加工技术 3 方面介绍复合材料低成本制造技术的重要性。

1 复合材料低温低压固化技术

复合材料低温低压固化技术通常指固化温度小于 100℃,真空压力下,可以在自由状态下进行高温后处理的复合材料相关制造技术^[8],这种工艺又称为非热压罐固化技术。发展复合材料构件的低温低压固化技术,可以大大降低由昂贵模具、高能耗设备以及高性能工艺辅料等带来的高费用,从而实现明显降低复合材料的制造成本。此外,低温低压固化树脂基复合材料构件的尺寸精度较高,内应力低,也是复合材料提高综合性能的一个重要途径。低温低压固化复合材料从 20 世纪 80 年代开始得到了推广应用,最初主要应用于复合材料工装和汽车领域。20 世纪 90 年代早期,低温低压固化复合材料开始应用于航空结构件。1996 年, NASA 和麦道公司采用 LTMIO 低温固化复合材料制造了 X-36 无人战斗机蒙皮。1998 年, AwV 采用 LTM45 低温固化复合材料研制了 X-34 的机翼,机翼长度 8.5m 左右,构件面积超过 20m²,质量达到 680kg^[9]。

参展 2012 JEC Asia 复合材料展的美国 UMECO 公司是全球领先的先进复合碳纤维和玻璃纤维增强预浸料的制造商,已经研发出了一系列用于非热压罐固化的树脂基体系。UMECO 的 MTM[®]45-1 环氧基碳纤维预浸料体系已经通过了空客的质量认证,包括纤维布和单向两种形式,均适用于制造飞机的基本和次级结构。经过 130℃ 的低压、真空袋固化,使高韧环氧基体的性能得到优化,并在 180℃ 的后固化工艺后



实现其全部性能。日前, UMECO 公司又推出了新的低压固化预浸料系统 MTM[®]47, 补充了包括 MTM[®]44-1、MTM[®]45-1 和 MTM[®]46 在内的现有高韧性低压固化系统。

总体来说,低温低压固化高性能复合材料技术具有如下优点:(1)制备构件时可以使用低成本工装模具;(2)适于制备大尺寸复合材料构件,尤其是低温真空压力成型体系,无需使用热压罐,复合材料构件的尺寸可以不受热压罐大小的限制;(3)固化温度低,复合材料构件尺寸变形小,可明显提高复合材料构件的尺寸精度;(4)低能耗,由于固化温度低,尤其是低温真空压力成型复合材料,不使用热压罐,能耗降低^[9]。

2 复合材料自动铺放技术

全球复合材料行业发展的强劲势头带动了厂家对工艺自动化解决方案的需求,这其中,复合材料自动铺放技术得了迅速发展和广泛应用以应对复合材料用量的增长以及大型整体结构件数量和尺寸的不断增长。复合材料自动铺放技术包括自动铺带技术(ATL)和纤维束束铺放技术(FP),这两种复合材料自动化制造技术在帮助复合材料生产企业优化成本、提高生产率、改善产品质量等方面显示出极为突出的优越性和极大的潜力^[10]。

(1) 自动铺带技术。

自动铺带技术采用带离型纸的单项预浸带(宽 300、150 和 75mm 共 3 种规格),预浸带的剪裁、定位、铺叠和轴压均采用数控技术自动完成;多轴龙门式机械臂完成铺带位置的自动定位;铺带头上装有预浸带输送和预浸带切割系统,根据待铺放构件边界轮廓自动完成预浸带特定形状的切割;预浸带在压辊作用下沿设定轨迹铺放到模具表面。自动铺带具有表面平整、位置准确、精度高、速度快、质量稳定性高等优点,特别适用于手工铺叠困难的大中型尺寸、变截面飞机后蒙皮的制造。

近日,知名自动铺带机生产商美国 MAG 公司宣布,其 CHARGERTM 龙门式低轨复合材料铺带机将用于生产中国 C919 以及 C929 飞机的主翼、平尾以及中央翼盒, CHARGERTM 铺带机可在复杂曲面外形上实现业内一流的高速、航空航天级精密铺贴,能够在任意方向上铺设任意层数的 75mm、150mm 或 300mm 宽碳纤维树脂预浸带,确保质量一致的部件形状、厚度和强度,同时龙门式低轨平台采用高结构刚性设计,使得铺设准确,快捷可靠。

(2) 纤维束束铺放技术。

纤维束束铺放技术综合了纤维缠绕和自动铺带技术的优点,丝束铺

放头把缠绕技术中不容预浸丝束独立输送和自动铺带技术的压实、切割、重送功能结合在一起,由丝束铺放头将数根预浸丝束在压辊下集束成为一条宽度可变的预浸带(宽度变化通过程序控制预浸丝束根数自动调整)后铺放在芯模表面,加热软化预浸丝束并压实定型。纤维丝束铺放技术在铺层时切割预浸丝束及增减预浸丝束根数,可对铺层进行剪裁以适应局部加厚/混杂、铺层递减及开口铺层等多方面的需要;由于各预浸丝束独立输送,其铺放轨迹自由度更大,对制品的适应性更强,既可实现凸面也可满足凹面等大曲率复杂型面结构的铺叠,能够满足各种设计要求,实现低成本、高性能要求和设计制造一体化。

参展 2012 JEC Asia 复合材料展的西班牙 M.Torres 公司,众多产品得到航空航天企业的青睐,其中 TORRESFIBERLAYUP 自动铺丝机是 M.Torres 公司针对极复杂型面碳纤维航空部件(如机身段)的加工而特别设计的具有极高生产效率的设备,该设备综合了 M.Torres 在自动铺带机和造纸业设备研究制造方面多年的丰富经验,某些独特设计已取得了专利。

3 复合材料切削加工技术

对复合材料进行切削加工的难度较大,一般需采用超硬刀具。认识和掌握复合材料切削加工的规律,正

确选择刀具材料和切削用量,才能保证加工质量和较高的加工效率,从而降低复合材料的制造成本。一般情况下,树脂基的复合材料较易切削;金属基的稍难;陶瓷基的更难;纤维加强的复合材料较易切削,颗粒加强的很难切削。

在 JEC Asia 2012 展会上,山特维克可乐满展示了在航空航天领域应用的复合材料切削刀具产品系列。山特维克可乐满与 Precorp 通力合作,开发出一系列新的标准钻头、铰刀和铰钻,以求高效地加工航空工业内最常见的螺栓孔和铆钉孔。秉承业内长期积累的经验,这些刀具专为复合材料解决方案而开发。借鉴订制刀具成功经验,以及现有孔加工、修边加工和表面加工标准刀具产品系列的发展,共同促成了新的 452 系列。CoroDrill 452 标准钻头专为碳纤维增强塑料(CFRP)和碳纤维增强塑料金属叠层孔加工的手动风钻应用而设计。对于 452-C 系列产品(用于 CFRP),是业内经证明的具有诸多优点的结合体。独特的排屑槽与钻尖结构不仅可提供极佳的孔圆度,同时将钻削轴向力最小化。切削时仅需很低的进给力,对复材的孔出端损伤做到最小。山特维克可乐满公司与 Precorp 公司近日达成一项合作协议,双方将致力于成为复合材料加工解决方案的联合供应商。作为合作伙伴,山特维克可乐满和 Precorp 公

司将利用聚晶金刚石(PCD)整体烧结技术和创新的硬质合金解决方案,向复合材料行业提供独特的产品及专业的工艺加工经验。PCD 整体烧结技术是在切削刃表面嵌入 PCD 材料并进行精密烧结,从而提高刀具的质量和加工效率。

结束语

综上所述,随着亚洲复合材料行业的快速发展,中国将成为全球复合材料发展最活跃、增长最快的地区。在机遇与挑战面前,复合材料的低成本制造工艺和专用设备是先进复合材料的关键技术之一,我们应看好前景,找准差距,准确定位,加大投入对复合材料关键技术进行研发,为促进我国复合材料制造技术逐步赶上国际先进水平,为我国各工业领域的高速发展尤其是大飞机项目的顺利实施创造条件。

参考文献

- [1] 薛忠民,张文玲. 直面外部困局,风景这边独好. 航空制造技术,2012(1/2): 69-73.
- [2] Fr é d é r i q u e M u t e l . J u n e 2 0 1 2 : l e t u s c e l e b r a t e A s i a P a c i f i c , t h e l a n d o f o p p o r t u n i t i e s . J e c m a g a z i n e , 2 0 1 2 (7 3) : 3 .
- [3] A s i a ' s c o m p o s i t e s m e e t i n g p o i n t . A e r o s p a c e M a n u f a c t u r i n g , 2 0 1 2 , M a y : 1 3 - 1 4 .
- [4] 未来复合材料在全球发展的五大趋势【EB/OL】.2010[2012-07-30]http://www.frponline.com.cn/news/detail_30953_1.html.
- [5] 吕琴. 中国复合材料行业 2011 年经济运行情况. 中国复合材料工业协会 2011 年会,西安,2011.
- [6] 泰山. 人物访谈. 杜善义——复合材料专家. 航空制造技术,2011(3):31.
- [7] 郝建伟,陈亚莉. 先进复合材料主要制造工艺和专业设备. 航空制造技术,2008(10): 41-45.
- [8] 陈祥宝. 先进复合材料低成本技术. 北京: 化学工业出版社,2004.
- [9] 陈祥宝,张宝艳,李斌太. 低温固化高性能复合材料技术. 材料工程,2011(1):1-6.
- [10] 周晓芹,曹正华. 复合材料自动铺放技术的发展及应用. 航空制造技术,2009(增刊):1-3.

(责编 三丰)

