

JEC COMPOSITES 中国

面向中国的先进复合材料工程技术

11

交通运输
Transportation
医疗
Medical

复材制造
Composites Manufacturing
电动赛车/热塑性塑料/医疗/创业
E-race/Thermoplastics/Medical/Startup

革新方案
Innovation Solutions
大规模生产/3D打印/基体材料/机器人化
Mass production/3D printing/Matrix/Robotization

ISSN 2707-3459

www.JECcomposites.com

2022.8

风驰电掣 主力前行

水性脱模剂 更安全 更环保

作为您可靠的合作伙伴，我们坚持以创新为己任，助力解决风电领域面临的生产挑战。肯天Chemlease®品牌提供丰富的产品系列，包括各种类型的封孔剂，脱模剂，底涂和清洗剂，协助客户有效改善生产力，提高生产效率，助力产品拥有理想的表面质量以及高结构完整性。并且能通过消除频繁的停产来有效减少能源浪费，降低VOC排放，同时专用的配套喷雾拖把大幅减少了脱模剂的使用和产品浪费。

请扫描二维码关注肯天微信或访问肯天官方网站，联系我们获取更多信息！



复合材料 Composites Manufacturing



- 2 **热塑性塑料**
可一次性有效铺放成型的热塑性T型材
A Thermoplastic T-profile with Effective Lay-up in One Shot
- 4 **电动赛车**
城市，一个新的竞争背景
The City, A New Competitive Backdrop
- 6 **医疗**
世界上最轻的轮椅
The World's Lightest Wheelchair
- 7 **创业**
出发去征服伟大的户外
Setting Off to Conquer the Great Outdoors

专栏：交通运输 Transportation



- 8 **纤维增强塑料**
汽车中心底板的全耦合工艺结构分析
Fully Coupled Process-structure Analysis for Automotive Center Floor Panel
- 11 **运输**
用复合材料提高印度公路车队的效率
Infusing Efficiency in the Indian Road Fleet with Composites
- 14 **电动汽车**
靠电移动
Moving Thanks to Electrons
- 16 **汽车**
超跑中的超跑——迈凯伦塞纳干碳版
The McLaren Senna Carbon Theme: the Hypercar of Hypercars

专栏：医疗 Medical



- 18 **医疗应用**
发展中国家假肢窝的先进复合材料
Advanced Composite Materials for Prosthetic Sockets in Developing Countries
- 23 **假肢**
一种制造假肢和矫形器的新方法
A new way to make prostheses and orthoses

解决方案 Innovation Solutions



- 24 **3D打印**
创新型复合材料3D打印机开发
Development of an Innovative Composite 3D Printer
- 25 **基体材料**
热塑性树脂的未来
The future of thermoplastic resins
- 26 **大规模生产**
用于复杂复合材料制造的材料和机器
Material & Machine for Complex Composites Manufacturing
- 28 **机器人化**
机器人控制的飞机部件密封处理工艺进入工业化成熟阶段
Bringing Robot-Controlled Sealing of Aircraft Components to Industrial Maturity

JEC COMPOSITES中国

Industrial Communications Group Ltd.
魏斯礼 Bruno Wase-Bailey
董事总经理 Managing Director
www.ChinaEngineeringMedia.com
www.JECcomposites.com/china

艾康商务咨询（上海）有限公司
上海市静安区武定路555号8楼837室
电话 Tel: 021 3251-7225

订阅期刊 Subscription: subs@icgl.com.hk

承印: 上海钦钦印刷科技有限公司 Printed by Shanghai QinQin Printing Co. Ltd.

广告业务 Advertising:

中国大陆 China: 021 3251-7225, bruno@icgl.com.hk
Europe 欧洲: Raheel Mohammad, +33 1 89 20 40 65, mohammad@jeccomposites.com
Franck Glowacz, Editor-in-Chief/Media Director, glowacz@jeccomposites.com
Nelly Baron: Marketing/Communication Director, baron@jeccomposites.com

2020年版权所有 © Copyright 2020 JEC Composites Magazine. All rights reserved.
JEC集团授权Industrial Communications Group Ltd. 独家出版《JEC Composites中国》。经授权的所有材料都隶属于JEC Composites Magazine. 未经书面许可，不得进行任何形式的复制和转载。
国际发行刊号: ISSN 2707-3459

可一次性有效铺放成型的热塑性 T 型材

A Thermoplastic T-profile with Effective Lay-up in One Shot

增强热塑性塑料的应用范围正在不断扩大，需要优化这类材料的制造工艺。本文报告了 Latecoere 公司和捷克理工大学开展的一个项目，该项目旨在设计和实施一种快速工艺，用来制造具有高机械性能的 T 型材的所需形状。该部件采用精密工具冲压而成，以确保各层提供高强度的方式定位。通过机械测试验证了用有限元法（FEM）对典型载荷进行的应力分析。

Josef Krena, Cpc Composite Development, Latecoere Czech Republic
Zdenek Padovec, Assistant professor; Radek Sedlacek, Assistant professor; Tereza Zamecnikova,
Ph.D. student, Faculty of Mechanical Engineering, Czech Technical University in Prague

大多数现有的 T 型材制造工艺包括几个步骤。例如，有一种用于连接增强热塑性塑料腹板和翼缘的工艺。翼缘和腹板可以独立铺叠，但这需要两个单独的工艺步骤，这样会减慢制造过程。另一种选择是连续压缩成型（CCM）。这种工艺主要用于具有单向（UD）纤维的型材，垂直方向的强度有限。然而，CCM 的优点是它可以是一个连续的过程。

L 型材对比 T 型材

很多型材用于飞机结构，例如长纵梁，以及各种类型的较短配件。这种设计的型材制作过程主要针对短配件。A350 XWB 飞机的复合机身结构包含数千个配件，主要形状是 L 型材。它们普遍使用热成型制造，但是 L 型材的缺点是它们在负载下的非对称变形。T 型材是对称的，由于有利的应力分布，因此它适用于负载较高的点。目前这些案例要么使用两个复合材料角度背靠背连接，

要么使用机械加工的钛 T 型材。

创新结构

该项目解决方案的创新特点是非常快速的制造过程和 T 型材的最佳内部结构，见图 1。增强热塑性碳纤维织物和固结板形式的 PPS 基质用于制造该部件。专利工艺包含使用带有移动元件的特殊冲压工具对坯料进行特殊处理。在单个冲压步骤中形成了型材的最终形状。这个过程所用时间比制造这类零件的最先进工艺要短得多。由于型材各层最优地铺放，从而提供非常好的机械性能。所有臂（腹板和翼缘）都具有相同的厚度和相同的叠层。在所有的三个型材表面上，连续层是不间断的。这种加工方式提供了最完整的全方位负载。

最先进的型材中有一个争论是型材臂的交叉点是如何成型和构造的。新的解决方案的优点是型材的交叉点不需要任何通常用于填充这个“百慕大三角形”核心中的额外材料。这是由于型材的特殊形状

和成型工艺，因此没有必要使用额外的材料。填充材料通常在型材横截面平面上具有不同的热膨胀系数。由于工艺温度的冷却，导致型材横截面平面出现开裂的风险。填料通常比基础材料弱。当不使用填料时，零件由更均匀的材料制成。这种工艺也可以用于不同的型材形状。T 型材和 Y 型材的示例如图 2 所示。

一次进料法

该项目将热成型工艺用于固结板，这是制造承受重大载荷零件的最快工艺。型材由最终型材厚度一半的板材冲压而成。这个过程类似于共固结。通过显微切片照片和剪切强度测试验证了毛坯表面连接的质量。这项测试证实了接合面的强度完全可以与原材料层之间的层间剪切强度相媲美，从而确保共固结具有令人满意的质量。

演示装置

制造并测试了 T 型材，作为 A350



图 1：型材内层的位置



图 2：T 型材和 Y 型材示例



图 3：带有钛 T 型材和替代复合材料 T 型材的肋条

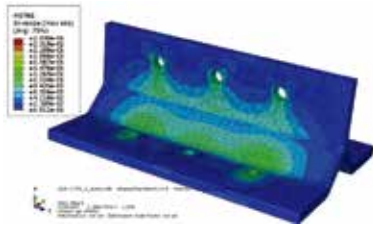


图 4: 对于施加到 Y 型材的给定载荷, 根据最大应力理论的失效指数



图 5: 试样装入试验机

XWB 加强筋装配中使用的钛 T 型材的替代品。

T 型材的载荷曲线是复杂的, 但上拉力的方向是该载荷的主要因素。FEM 用于复合 T 型材和 Y 型材的应力分析。这两个模型都是在 Abaqus 软件中使用连续壳分层单元计算的。图 4 显示了根据最大应力理论对施加到 Y 型材给定载荷的失效指数结果。Y 型材的最大失效指数为 0.25, T 型材的最大失效指数为 0.39。

实验

使用简单工具在单轴拉伸机上进行实验。拉伸载荷通过与机器钳口连接的元件腹板上的螺钉施加。载荷仅在 z 方向释放, 如图 5 所示。

对型材进行了测试直到完全失效, 但是其中一部分型材仅在第一次失效发生之前进行了测试 (加载曲线中的第一个可见峰)。图 6 显示了 T 型材和 Y 型材的典型载荷曲线。

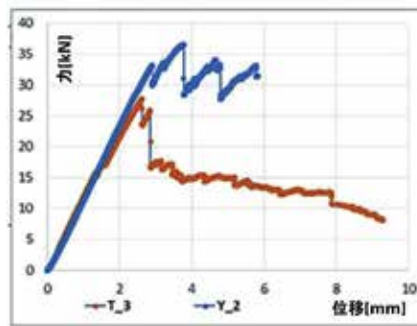


图 6: 两个测试型材的力 / 位移图

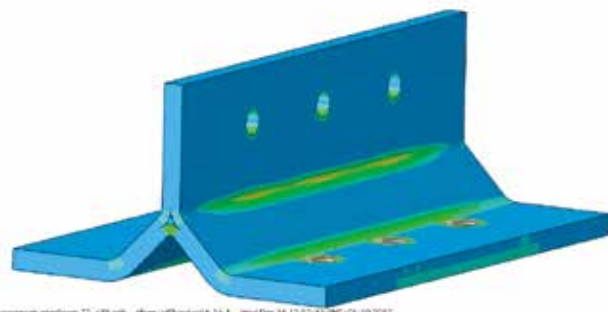
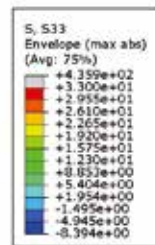


图 7: CT 扫描评估的第一个失效区域

图 8: 型材表面显示的 S33 应力场

使用 CT 扫描和显微切片照片分析第一次失效的剖面, 以找到失效区域 (参见图 7)。

比较实验和 FEM 结果

对所有类型的型材进行了仿真模拟来分析第一次失效的位置并将其与实验结果进行比较。失效是层间的, 因此模型中使用了分层固体单元。在交叉区域主要层的几何形状已经形成了完全根据演示者的显微切片照片中观察到的真实情况。失效是由层间拉伸应力 S33 引起的, 见图 8。层间应力 S33 的最大值以模型表面的色标展示。实验的第一次失效力对应 S33=33MPa, 由 FEM 计算得出。根据数据表, UD 材料在 90° 方向的拉伸强度为 39MPa。虽然它不完全是项目中使用的材料, 但是仿真模拟和实验之间的一致性非常好。CT 扫描的失效区域也与 FE 仿真模拟的最大应力区域非常吻合。

比较 T 型材实验和 Y 型材实验的结

果 (图 6) 表明, 在 T 型材的测试中, 载荷力的第一个峰值 (这对疲劳至关重要) 大约发生在 15kN 处。在 Y 型材中, 这个高峰大约为 29kN, 即几乎提高了 T 型材的两倍。

结论

本文证明 Y 形比 T 形提供更好的性能, 并解释了原理。另一个优势是 Y 形在第一次重大失效后的行为: Y 型材的加载力持续增长, 而 T 型材的加载力减小。钛合金版本重 0.308 kg, 而复合 T 型材重 0.129 kg, 复合 Y 型材重 0.127 kg。复合材料样式的另一个优点是它节省了材料和制造时间, 因为钛合金样式是由块体加工而成的。

致谢

这项工作得到了捷克共和国工业和贸易部 FV30033 项目的支持。

www.latecoere.aero/en/latecoere-ceska-republika

城市，一个新的竞争背景

The City, A New Competitive Backdrop

电动滑板车锦标赛即将组织第一场官方 eSkootr 比赛。目标是什么？通过穿越城市地形的比赛来推广新的电动赛车运动。比赛组织者最近宣布 YOCM 作为赛车机器的官方供应商成为他们的合作伙伴。

意大利公司 YCOM 自 2008 年成立以来，凭借其强大的生产能力和精确制造复合材料轻质结构的能力，成功地开拓了自己的市场。YCOM 最初专注于汽车运动，基于这种独特的视角，它成功地将其赛车经验应用到更广泛的领域，为汽车、船舶和航空航天行业提供解决方案。

回归本源

虽然公司因其多元化而获得了全球认可，但是它用很长时间才找到回归其根源的途径，宣布其成为电动滑板车锦标赛（eSC）的官方 eSkootr 供应商。由于 eSC 要求所有参与者使用相同的车辆，S1-X Skootr 模型将成为一项新运动的展示场合。正是这种双重机遇吸引了 YCOM 创始人和业务发展官 Nicola Scimeca，他说：“我们真的很高兴能成为移动革命前沿的新挑战的一部分。eSC 分享我们的技术使命，而 eSkootr 项目是塑造全新运动类型的一个独特而迷人的机会。eSC 关于赛车和道路相关

性的愿景，可持续性驱动的技术发展，完全符合我们的战略。我们很高兴能建立这种新的长期合作伙伴关系，为赛车运动和移动创造一个新的未来。”

电动汽车运动的新玩家

当 Hrag Sarkissian 和 Khalil Beschir 创立 eSkootr 锦标赛时，很明显他们需要吸引许多人才来实现他们的梦想。这项比赛的核心创始人是被任命为 eSC 安全大使的前 F1 勒芒赛车手 Alex Wurz 以及成为该系列可持续发展大使的 E 级方程式冠军 Lucas DiGrassi。他们与一群志同道合的人共同帮助整合了 eSkootr 的初始规范。

在没有现有比赛电动滑板车先例的情况下，该团队着眼于不断增长的性能电动滑板车市场来建立基准规范。即使在高端市场，一款能在公路行驶的高性能踏板车仍然需要妥协于现实世界中不可预测的表面和障碍物。然而，赛道没有颠簸、路缘或破裂的表面——因此赛车电动滑板车可以行驶得更快，这需要进一步调整以确保电动滑板车在比赛速度下的稳定性。车的底盘必须坚固且安全——既是为了保证操作稳定性，也是为了保护内部的电气设备——因此碳纤维是首选材料。工程师和机械师的安全性也很重要，因此电池的安全标称电压水平低于 60V。

适合 F1 的 eSkootr

YCOM 将重新设计 Williams



Ycom S1-X Skootr 模型将成为一项新运动的展示场合。

Advanced Engineering（著名 F1 制造商的附属公司）开发的原型，生产正式的电动踏板车，参赛者将在 eSC 的首个赛季使用它进行正面交锋。S1-X Skootr 性能可以与实际赛车发动机相媲美。凭借其独特的 F1 风格，它拥有强大的双电机（2x6kW），可以驱动 35 公斤的滑板车达到 100 km/h 以上的最高速度。它的底盘由碳纤维制成，配备液压制动器并安装在 6.5 英寸的车轮上，整流罩和面板由天然纤维复合材料制成。

探索城市交通的未来挑战

除了对速度和比赛的热爱之外，可持续性是将 eSC 和 YCOM 结合在一起的基础价值。随着 eSC 通过媒体广泛报道的大型公共活动的形式来为他们提供平台推广新的电动力解决方案，eSkootr Championship™ 联合创始人兼首席执行官 Hrag Sarkissian 对 YCOM 在技术和专业知识方面的贡献表示敬意。

他说：“我们很高兴与 YCOM 进行如此密切的合作。他们已经开始开发和迭代我们的 S1-X eSkootr 原型，对初始设计进行了一些关键更新。他们的专业知识和经验得到了充分证明，他们对可持续发展的承诺与我们的承诺密切相关。我们真的很高兴能够建立这种战略性的长期合作伙伴关系。与我们一样，YCOM 致力于在赛道上进行创新，并有可能将重要的知识和技术转移到道路上快速发展的微型交通领域。”

YCOM 将 eSkootr 锦标赛视为一个强大的环境，一旦市场成熟、需求增加，在提供“更温和”的解决方案之前，将设计和性能推向极限，并对其进行测试。
www.ycom.it



配备液压制动器并安装在 6.5 英寸车轮上，S1-X Skootr 的底盘由碳纤维制成。

底盘必须坚固且安全——既要保证操控稳定性，又要保护内部的电气设备。



MagPro

By Brucite⁺

www.bruciteplus.cn

info@brucite.plus

+7 (495) 789-65-30

用作SMC/BMC工艺生产复合材料制品的高效增稠剂

MagPro[®]高活性氧化镁，是间接煅烧粉碎的天然氢氧化镁而获得的粉末状产品。MagPro[®]150和MagPro[®]170用作SMC / BMC工艺生产玻璃纤维填充用复合材料的增稠剂。

用于增加复合材料粘度的氧化镁，应具有高比表面积（130m²/g以上）和稳定的粒度分布。选择正确的增稠剂，是获得无成型缺陷、无裂纹、无凹陷的优质零件的最重要条件。

MagPro[®] 的优势

- 不含关键杂质-硫酸盐和氯化物
- 粒径精确且均匀
- 生产、运输及储存过程安全
- 质量稳定
- 采用绿色环保的原材料制成



世界上最轻的轮椅

The World's Lightest Wheelchair

一种创新的残疾人个人移动方式：完全由复合材料制成的超轻轮椅。

Mr Azamat Tokhov, General Director, AZMT Design Group

经过多年对现代复合材料在各种产品制造中的研究，AZMT Design Group（俄罗斯）开发了一种完全不使用金属的超轻轮椅模型。一家合作公司提供复合材料来生产轮椅。该产品的新颖之处在于完全没有金属部件（衬套、轴承、螺栓接头），因此，对于暂时（由于疾病）无法自行移动的人来说，这种移动方式前所未有的简单，无论是暂时性的（由于疾病）还是终身残疾，都能够处于坐姿。

超轻重量

通过用 100% 复合、轻质和双向功能部件替换标准金属或复合接头和部件，可以实现轮椅的超轻重量。这些部件由复合材料制成，将碳纤维与公司专家开发的独特超结构聚合物（如聚苯砜、聚苯硫醚和聚醚醚酮）相结合，可最大限度地减轻成品的重量。

同样的方法将应用于轮辋的制造——完全由复合材料制成的实心盘。最终产品的主要优势在于其强度重量比——极轻的重量归功于用于生产轮椅框架的原始创新方法。

在 99% 的情况下，轮椅框架是通过紧固多个部件制造的，这会增加重量并降低结构强度。对于新型轮椅，使用之前从未在复合产品制造中使用过的新材料（热压复合泡沫的粉末预聚物）将可以生产出具有精确校准壁厚的整体式中空框架，以确保必要的结构的硬度和强度。

复合材料的优点

该模型显示出高度的坚固性，因为

碳纤维的强度（取决于所使用的纤维）是铝或钢的 2-5 倍。只沿单向碳纤维制成的一个平面加载的每个特定组件的强度将是相同重量的钢或铝的 5-10 倍。团队成员开发的上层结构聚合物也比金属产品轻得多。作为比较，钛和铝分别比这些聚合物重 50% 和 40%。这些材料具有许多有价值的特性，例如轻便、耐化学性、高强度和耐磨性。所有具有复杂几何形状的小部件均由超结构聚合物制成，同时保持其坚固性。

在 2019 年 11 月举行的国际复合材料关键趋势：科学与技术论坛上，这种创新的轮椅概念获得了先进复合材料技术奖。

进口替代

根据市场研究结果，2018 年俄罗斯机械轮椅市场达 201.5 万台。其中，机械轮椅的进口量为 16.68 万辆，而国内生产量仅为 3.47 万辆。但这种“进口替代”是相当随意的：在国产轮椅中，30-40% 的零部件是进口的。AZMT Design Group 在欧盟、美国和日本市场的推广将直接针对终端用户，因为这些国家有完善的社会政策，残疾人能够独立购买



用 100% 复合材料组件替换标准金属或复合材料接头和零件。



SL-1 超轻碳纤维轮椅的首个原型。

此类产品。但根据该公司的研究，轮椅的国外市场并不像俄罗斯人通常想象的那样简单。研究表明，外国制造商在其国内市场上推出的类似产品，对最终消费者来说与俄罗斯消费者一样昂贵，考虑到进口，这反过来迫使外国消费者购买来自中国和其他国家的更便宜的类似产品，其产品质量还有待提高。

产品中没有任何金属成分，这是一项在整个世界市场上没有类似产品的创新。全碳车轮是为标准尺寸模型设计的，因此适用于 99% 的现有机械轮椅，由于其重量更轻（210 倍），性能高，外观令人难以置信的时尚和价格合理，在俄罗斯和国际市场上都将有巨大的需求。

诱导收益

对于潜在购买者——行动不便的用户和照顾他们的人——重量是选择轮椅时最重要的特征之一。用户的亲友经常需要将设备抬上楼梯或装载到汽车中进行运输。因此，设备的重量应该使人们能够毫不费力地抬起它。较轻的轮椅也需要用户用更少的力来移动。

使用碳、玻璃或其他纤维（玄武岩等）增强的复合材料，可以创造出具有预定特性的新结构元件和产品。

使用复合材料可以使结构重量减 25-70%，制造的劳动力影响降低 1.5-3 倍，生产能源强度降低 8-10 倍，金属消耗降低 1.6-3 倍。使用复合材料，可以将使用寿命提高 1.5-3 倍，最大限度地减少腐蚀损失，提高产品的耐磨性。

www.azmt-dg.com

出发去征服伟大的户外

Setting Off to Conquer the Great Outdoors

Kid'venture 是成立于法国东南部 Gap 的一家初创公司，参加了今年的全数字消费电子展。该公司发明了一种便于移动的解决方案，在家庭骑车出游时保护儿童不受影响。复合材料是他们称之为 Ecrins 的产品的核心，它提供了必要的加固和减重，以确保安全和自由活动。



Ecrins 使用根据紫外线亮度改变颜色的光致变色遮阳板来遮挡太阳，不需要额外的太阳镜或帽子。



乘客舱通风和空气过滤由一个系统调节，该系统可防止外部空气中 99.9% 的病毒、污染和颗粒物。

Kid'venture 是一家法国初创公司，专门从事儿童和婴儿移动解决方案的研究、开发和销售。"我们无法找到合适的设备，并意识到 60% 以上的父母在生完孩子后搁置了积极的生活方式，"联合创始人之一兼首席运营 Martin Chambert 说。他继续解释说，"凭借我们各自作为工程师和体育用品产品经理的经验，我们本能地做出决定，自行开发一个解决方案"。

山区家庭出行的门票

2020 年 3 月，四个朋友在南阿尔卑斯山的一个名叫 Gap 的小镇成立了公司，由首席执行官 Jérémy Baridon 领导的新公司的目标是使家庭自行车和滑雪登山活动变得轻而易举。该公司得到了位于上阿尔卑斯省工商会 (CCI) 底层的企业

孵化器 GAAAP 的支持。作为年轻的父母，创始人亲身经历了无法外出和利用山地来运动和休闲的挫折感。这就是为什么他们开发了 Ecrins，一种可调整的拖车，可以配备车轮或滑雪板，提供高冲击强度和保护，以抵御恶劣的天气。

安全轻便

Ecrins 是用碳纤维和凯夫拉材料建造的，这些材料是从一级方程式赛车和航空学中借用的。发明者解释说，他们把重点放在儿童安全上，这就是为什么他们选择用碳纤维来设计一个单一的刚性结构，这种材料以其坚固性和轻量而闻名。这导致拖车的总重量为 10 公斤，比目前市场上基本由铝管制成的产品轻 30% 以上。

通过开发一个在乘坐过程中监控拖

车的系统，这家新成立的公司也瞄准了最高级别的产品。通过一个控制台，父母能够控制车厢内的环境温度和通风。此外，防震系统为年轻乘客提供最佳的视野。Ecrins 的设计是为了适应在城市和乡村的自行车骑行，但也能在雪地上行驶。拖车框架可根据滑雪板进行调整，让您与孩子一起享受滑雪登山的乐趣。

2022 年的关键目标

在 2021 年国际消费电子展上，这家初创公司展示了他们大量研究后的模型，并强调了它如何保护儿童免受污染和病毒的影响。通过在这个全球创新活动的形象舞台上的亮相，Kid'venture 希望吸引投资者的关注，并将目光投向 2022 年的产品发布。

www.kidventure-sport.com

汽车中心底板的全耦合工艺结构分析

Fully Coupled Process-structure Analysis for Automotive Center Floor Panel

纤维取向对纤维增强塑料（FRP）产品的影响已成为复合材料研究领域的一个重要问题。准确预测产品中的非线性和各向异性的纤维取向是一个很大的挑战。由于成型过程中树脂流动或压缩引起的纤维取向对机械性能有很大影响，因此通过考虑纤维取向的结构和碰撞分析来预测产品的设计质量具有重要意义。

Daeryeong Bae, Senior Researcher (COMPOSITE FORMING);
Eunmin Park, Researcher (INJECTION MOULDING), C2ES Korea Co. Ltd.

韩国 C2ES 在工业领域拥有超过 30 年的经验，有着硕士和博士水平的员工，为客户的技术和产品开发提供最佳的解决方案，可靠的结果和计算机分析。基于专业知识、技术专长和世界一流的工程分析解决方案，韩国 C2ES 公司在 CAD/CAE/VR 方面提供整体解决方案，并提供最好的培训和技术支持。

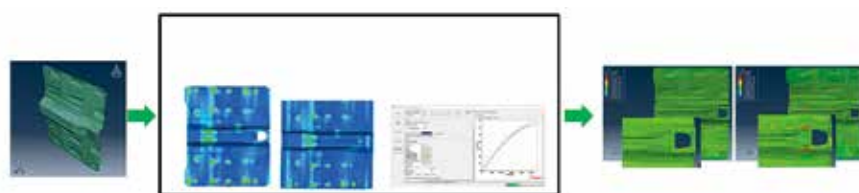


图 1：建议的方法：制造过程和结构耦合分析。

计算机辅助工程解决方案

随着塑料产品的要求和种类的增加，产品上市时间缩短，这意味着从概念到绘图和模具设计、装配、测试、成型和大规模生产，需要花费大量的时间来开发产品。克服这种情况的想法是在设计阶段使用计算机辅助工程（CAE）来预测潜在的模具问题和缺陷，根据虚拟结果修改设计，并重新解释，直到实现最佳设计。通过 CAE 对优化参数的估计可以应用于实际成型工艺的初始设置，这导致了设计周期、试验和错误的最小化。

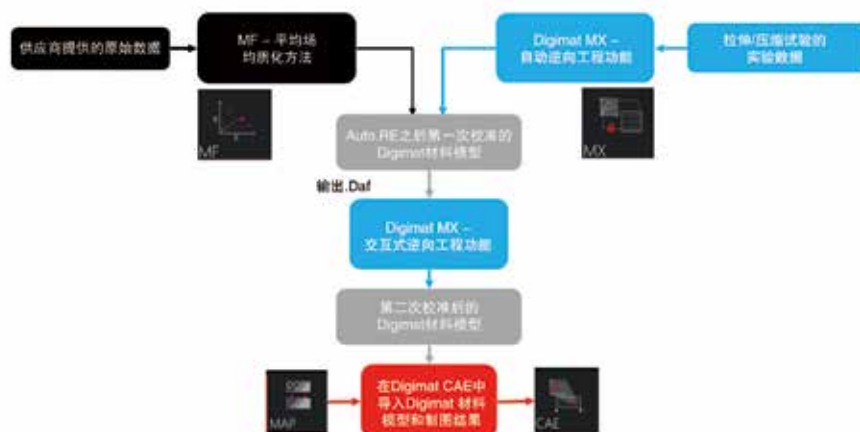


图 2：使用 Digimat 创建 CFRP 材料模型的工作流程。

纤维增强塑料的特点

连续纤维增强塑料（CFRPs）在需要大批量、低成本和快速周期的典型汽车部件中越来越受欢迎。对现有的连续纤维增强塑料成型性分析进行了考察，以研究影响外观质量的因素，如剪切角、厚度、压力分布、应力集中和横向应变。最近，需要根据纤维方向对零件强度和

刚度进行结构分析，通过模塑分析结果指导零件结构的优化。连续纤维增强塑料材料的质量和机械性能由基体材料（树脂和纤维类型）决定，但它们也可以由纤维类型、体积分数和取向决定。纤维取向一般受到最终产品的几何形状和厚度的影响。

压缩模具取向分析提供精确的三维纤维取向模拟，帮助用户预测复合材料

部件的潜在缺陷，如折叠、起皱。通过轮廓可视化与 FEA（有限元分析）耦合分析，也可以预测由于纤维取向造成的机械性能的差异。精确的纤维取向放置预测可用于实现成本节约和提高最终产品的强度。

压缩成型与结构分析一体化

压缩成型的塑料产品的纤维取向是

影响连续纤维增强塑料复合材料物理性能的主要原因之一。因此，在研究连续纤维增强塑料复合材料的结构分析时，必须考虑压缩成型过程中产生的微结构的各向异性和非线性特性。基于模压分析工具获得的包括纤维取向、剪切角和厚度在内的模压效应，在将分析结果从模压网格转移到最佳结构有限元网格后，就可以进行精确的结构和碰撞分析。为了了解纤维对复合材料性能的影响，压缩成型模拟工具将生成汽车中央地板面板的制造数据（纤维取向张量的界面文

件）。还将提到 FEA 结构分析与制造数据的耦合程序，通过考虑加工条件对最终产品性能的影响，建立更精确的结构模拟（图 1）。

案例研究：用 AniForm-Digimat-Abaqus 进行深入的结构分析

汽车原始设备制造商和一级市场正在努力减少汽车质量，以实现燃油经济性和碳排放目标。复合材料有可能在许多方面对减轻重量做出重大贡献，但成本、设计问题、不熟悉的制造工艺以及与其他材料的竞争仍然是障碍。为了克

服这些问题，许多项目正在研究如何将复合材料融入到多元材料汽车结构，以实现最大的效益。汽车研究人员参与了一些项目，目标是建立更轻和结构稳定的纤维增强部件。韩国 C2ES 也参与了与韩国工业技术研究院（KITECH）的项目，以建立完全耦合的有限元分析与汽车中央地板面板的压缩成型分析的过程。

冲压过程的数值模拟是通过 AniForm（Enschede，荷兰）的 AniForm Suite 软件进行的。在这项工作中，已经实现了四个主要步骤。第一步是确定成型过程中的变形机制。

第二步是确定一个能够考虑到这些转化机制的数值模型。第三步是确定这些数值模型的材料参数。

最后一步是用上一步获得的输入数据模拟这个成型过程。在成型过程中，仔细考虑层内剪切、层间摩擦和层外机制等变形机制。

多相材料，包括复合材料，往往具有复杂的非线性特性，取决于组成材料的体积分数。因此，仅使用传统的分析软件很难进行准确的结构分析。e-Xstream（Hautcharage，Luxembourg，1 个 Hexagon company）的 Digimat 软件是使用最新的非线性多尺度材料-结构建模技术进行准确的复合材料性能预测和结构分析的解决方案。这使材料工程师能够了解和优化多相材料特性，而结构工程师可以利用制造工艺和微观力学特性进行精确的结构分析。Digimat-MF（平均场均匀化）、MAP 和 CAE 模块提供了一个简单而快速的解决方案，弥补了制造工艺和零件机械行为之间的差距，提供了精确的预测和优化零件设计的新方法（图 2）。Digimat 模块包括材料建模、绘图和代码接口模块，以用户友好的 GUI 形式集成。因此，Digimat 的技术将整个供应链联系在一起，导致复合材料零件的重量、制造成本和开发周期的减少。

通过 Digimat 将纤维方向从制造模型映射到结构模型，使用 Dassault

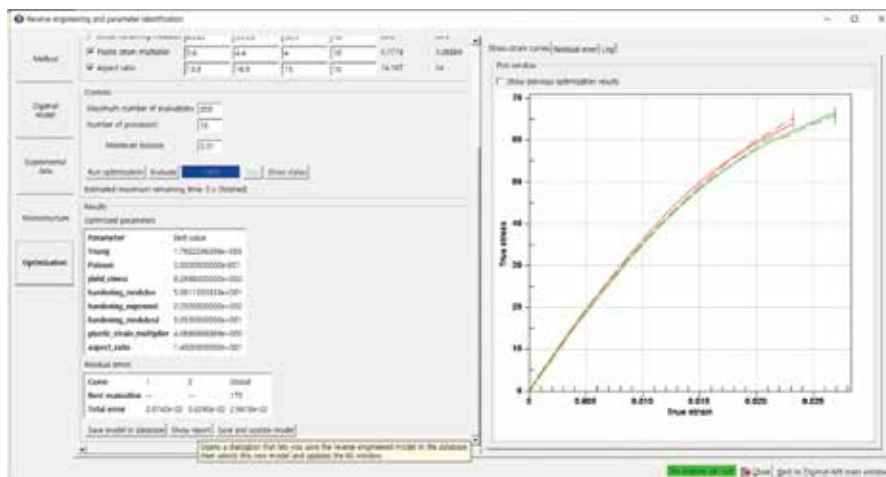


图 3：交互式逆向工程后校准的材料模型。

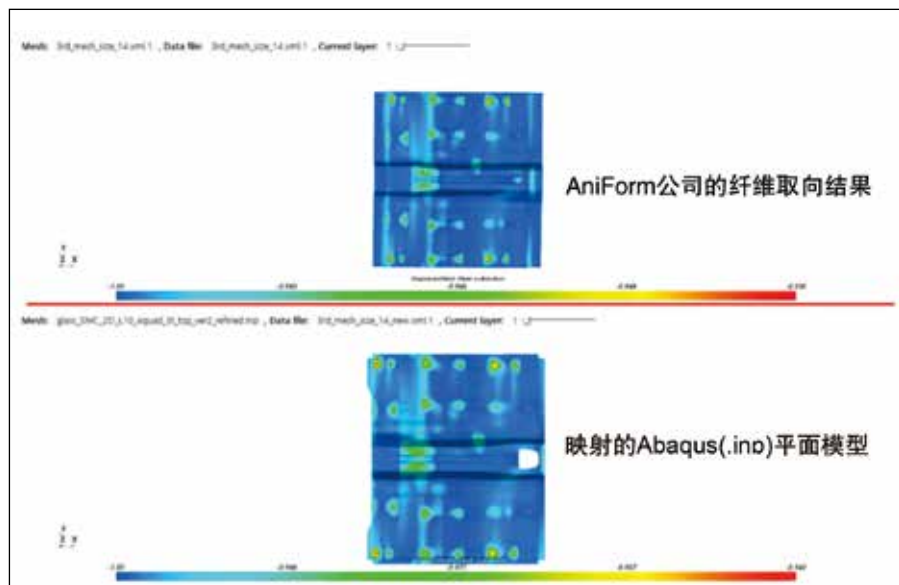


图 4：Digimat-MAP 的纤维取向（左）和映射（右）结果。

Systèmes 公司（美国马萨诸塞州，Waltham）的 Abaqus CAE 解决方案提供的 FEA 工具生成刚度矩阵。成型 - 结构耦合分析所需的数据和程序如下。

●用体积比为 55% 的单向（UD）碳纤维增强环氧树脂制备了 0、90° 机械切割的试样。从拉伸试验中获得的实验结果（应力 / 应变曲线）用于材料建模。此外，全球材料公司的必要属性可以从 Digimat 材料交换平台（Digimat-MX）上轻松应用。

●为了建立材料模型，可以从材料公司的数据表中获得基本的材料属性信息，如聚合物密度、纤维含量、形状和尺寸。输入上述所有材料信息后，使用平均场均匀化技术（Digimat-MF）计算复合材料的等效物理特性。在建立了材料模型后，使用机切试样的拉伸试验结果进行校准（Digimat-MX）。这个校准过程被称为逆向工程（RE），它包括迭代优化过程，旨在找到设计变量（如材料法则参数）的最佳值，使模型预测和实验测量之间的差异最小（图 3）。

●包括压缩成型分析的纤维方向在内的制造网格可以通过 FEA 接口功能从 AniForm PrePost 导出。用于结构分析（Abaqus）的输入甲板文件包括实体网格、载荷情况和边界条件。

●Digimat-MAP 通过连接压缩成型和结构模拟两个接口，用于将制造工艺数据（纤维方向）映射到结构分析模型。两个网格的适当重叠与缩放、转换和旋转是需要的，以便将制造数据发送到部件网格（图 4）。Digimat-CAE 以子程序的形式为所需的有限元分析求解器提供材料属性。

●提交 FEA 作业后，您可以开始生成耦合分析文件，包括与结构模型关联的输入平台，使用指定的 Digimat 材料和制造数据进行修改，分析中使用的每种 Digimat 材料以及相关制造的副本数据文件。

●对载荷情况进行了有限元模拟，以验证有 / 无纤维重新定向的静态性能。

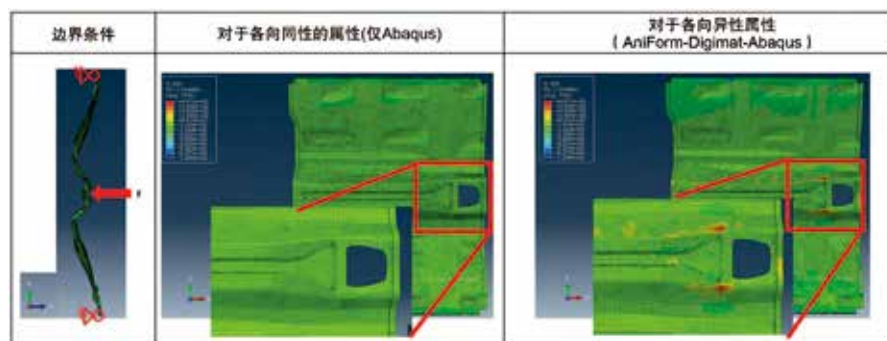


图 5：作用于中央楼板的力（左）、各向同性模型的应力等值线结果（中）、各向异性耦合模型分析（右）。

各向同性的模型假设纤维方向是相对于全球 X 轴投射到部件上的。在各向同性的模型中，工艺引起的纤维重新定向没有被准确地涉及。各向同性和各向异性模型在载荷情况下计算的应力等值线的比较表明，与各向同性模型相比，涉及工艺诱导的纤维重新定向（各向异性模型）在全球坐标系的 Y 轴（S22）上的垂直应力不到十分之一（图 5）。如果不仔细考虑纤维重新定向，则如果局部特征处于高负荷区域，可能会发生意外故障。

结论

由 55% 体积比的单向碳纤维增强环氧树脂制成的汽车中心底板的所有主要设计决策都是根据为每个设计迭代计算的各向同性模型做出的。该模型可用于快速评估内部结构和一般设计考虑。然后根据各向异性耦合分析对模型刚度进行校准，以便从各向异性模型中获得可靠的并验证设计特征。各向异性耦合分析涉及制造工艺、微观结构和结构模拟的结合。此外，在各向异性模型的基础上设计具有机械意义的细节和特征。

这种方法将能够支持在实际工艺实施之前寻找替代材料选择或制造工艺配置，这将避免不必要的、昂贵的修改。

www.c2eskorea.com

参考文献

[1] Compositesworld.com. 2020.

Thermoplastic Door A First for Automotive Composites. [online] Available at: <<https://www.compositesworld.com/articles/thermoplastic-door-a-first-for-automotive-composites>> [Accessed 25 June 2020].

[2] Reiter, M., Pröll, A., Thurmeier, M. and Major, Z., 2020. DESIGN METHODOLOGIES FOR AUTOMOTIVE COMPONENTS MADE FROM SHORT CARBON FIBER REINFORCED THERMOPLASTIC MATERIALS. [online] iccm-central.org. Available at: <<http://www.iccm-central.org/Proceedings/ICCM21proceedings/papers/4126.pdf>> [Accessed 25 June 2020].

[3] Hartl, A., Jerabek, M., Freudenthaler, P. and Lang, R., 2015. Orientation-dependent compression/tension asymmetry of short glass fiber reinforced polypropylene: Deformation, damage and failure. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 79, pp.14-22.

[4] Hartl, A., Jerabek, M., Freudenthaler, P. and Lang, R., 2015. Orientation-dependent compression/tension asymmetry of short glass fiber reinforced polypropylene: Deformation, damage and failure. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 79, pp.14-22.

用复合材料提高印度公路车队的效率

Infusing Efficiency in the Indian Road Fleet with Composites

印度次大陆最近出现了以技术为导向的初创企业的高潮。在过去十年中，该国日益有利的环境和不断变化的政策氛围吸引了许多年轻的企业家。千禧一代所期望的生活便利，以及共同的社会目标，是大多数公司的主要关注领域。在非信息技术领域，众所周知，复合材料有潜力为面临的一堆障碍提供解决方案。特别是当需要提高效率和确保更高比例的可再生能源时，复合材料肯定会成为下一代人的解决方案。

采访 Pradeep Pandurangi, Director, Aria AeroTech Pvt Ltd.

JEC 杂志：您能告诉我们贵公司的历史吗？您是如何想到创办这家初创公司的？

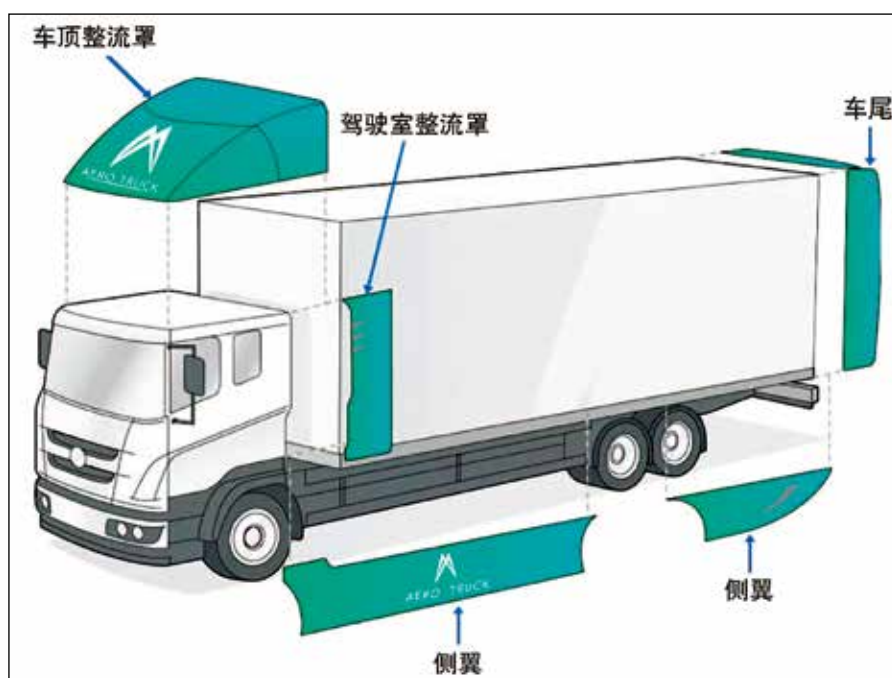
Pradeep Pandurangi：我们的公司 Aria AeroTech Pvt Ltd. (AAT) 是一家成立于 2017 年的新公司。这一切都始于荷兰，我和刚从代尔夫特理工大学毕业的 Gianluca Laera 创立了 Levitas 复合材料公司，还专注于汽车复合材料。当我在 2017 年搬到印度时，对汽车复合材料的热情和我在 Levitas 的经验相结合，促成了 AAT 的诞生。

AAT 的中心思想是提高印度商业车辆的能源效率。该公司的想法是我在欧洲做咨询期间形成的，我在那里参与了几个项目，开发轻质、节能的车辆。尽管印度的公路基础设施在过去十年中发生了变化，但该国在物流方面的花销仍占其 GDP 的 14%。这大大高于发达国家的水平。因此，合乎逻辑的是，接下来的创新将集中在使高速公路上的车辆更加高效。

除此之外，印度的货物运输主要依靠公路运输而不是铁路。在印度，大约 60% 的货物是通过公路运输的。因此，不断增长的印度经济需要一个快速和高效的公路运输系统。这正是 AAT 可以发挥作用的地方，我们可以根据我们在空气动力学和轻质复合材料方面的专业知识提供世界级的技术。

JEC：你创办 AAT 的动机是什么？

P.P.：十年前，作为一名年轻的工程系学生，我被 APJ Abdul Kalam 博士（印



Aerotruck® 提高燃油效率的套件

度第 11 任总统）的著作《火之翼》和《印度 2020 年愿景》提出的愿景所激励。我想以某种方式为它作出贡献。今天，随着气候变化在全球范围内成为一个真正的威胁，创造和建立注重可持续性和效率的企业变得更加重要。

我的工程之旅将我带到了荷兰的代尔夫特理工大学，在那里我完成了航空工程硕士学位，重点是如何通过航空航天工业中使用的技术和材料使地面车辆更节能。在我回到印度时，我看到了一个通过专注于在印度高速公路上行驶的卡车来产生巨大影响的机会，很快，

AAT 的想法就形成了。

JEC：AAT 的使命是什么？

P.P.：我们的使命是使运输车辆更加可持续，运输业务更加有利可图。在印度，重型商用车只占道路上所有车辆的 4% 左右，但它们消耗了道路运输部门内 40% 以上的石油产品。因此，它们造成了大部分的有害车辆污染和排放。更重要的是，高额的燃料成本不断吞噬着车队所有者的利润空间，给卡车司机的生活带来了巨大负担。通过专注于提高车辆的燃油效率，可以实现赚取更多利润和减少有害排放的双重目标，同时改



配备 Aerotruck® 套件的 DHL 车队。

善卡车司机的生活。

JEC：您的复合材料背景是什么？

P.P.：我对复合材料的热爱始于工程系学生时代，当时我痴迷于为欧洲比赛建造一辆轻质的学生方程式（FS）赛车。这使我认识了班加罗尔国家航空航天实验室（NAL）的科学家，他们同意帮助我们开发并赞助我们的碳纤维单壳底盘开发计划。该协会的结果是开发了当时印度最轻的 FS 赛车。毕业后，我在 Larsen & Toubro 的先进复合材料部门工作了一年，然后我加入了荷兰代尔夫特理工大学的航空航天硕士课程。

在代尔夫特，我有机会见到世界上最优秀的人并向他们学习。我非常享受在激发智力的环境中度过的时光，并在装备精良的结构实验室里花了很多时间

来建造和测试复合材料。有一次，技术人员看到我总是在那里工作，甚至在假期中也是如此，他们都感到厌烦。我告诉他们，我想创办一家专注于复合材料的公司，因此，从那时起，我毕业前的所有实验得到了他们的大力支持。那里令人鼓舞的环境帮助我增强了信心，使我的想法从概念变为现实。我非常感谢我的教授 Otto Bergsma 博士、Sotiris Kossious 博士和 Sonell Shroff 博士，他们在我成为企业家的旅程开始时指导我。

JEC：您能否带我们了解 AAT 的产品组合和能力？

P.P.：我们的第一个产品称为 Aerotruck®。它是商用货运车辆的售后空气套件，可将油耗降低 7-12%。我们已经为设计的不同方面申请了专利和版

权，以保持我们套件的独特优势——从易于安装、易于操作和由于轻质复合材料而增强的耐用性。我们目前正在扩大产品线，包括集装箱卡车、汽车运输车、油轮和牵引拖车。在印度，定制要求比世界其他地区要广泛得多，这是我们目前的重点。同时，我们正在利用我们在复合材料方面的能力使产品更加环保，并将天然复合材料作为主要材料。

一些环保产品和公司之所以失败，要么是因为它们在经济上不可行，要么是实施起来太繁琐，要么是影响太小。Aerotruck® 在这三个方面都做得很好。购买该套件的客户的投资回报期只有大约 8-12 个月，该套件可以快速地使用，没有太多的成本或卡车的停机时间。最后，在社会层面上，对减少二氧化碳排放的影响是巨大的。印度高速公路上有大约 200 万辆重型和中型卡车，如果其中只有 20% 的卡车安装了这种空气动力学解决方案，我们每年可以节省 4 亿升柴油，也就是每年减少近 12000 吨二氧化碳排放。这比两轮和三轮车的电气化所能实现的多得多。

JEC：有大客户联系过您吗？您有国际营销计划吗？

P.P.：自 2017 年以来，该产品已在印度高速公路上进行了测试和验证，目前正在接受所有主要商用车 OEM 的工厂装配评估。AAT 在主要售后市场客户中取得了巨大成功。我们已经能够在短



印度顶级运输车队运营商之一的 Aerotruck® 车顶板。

时间内渗透到国内市场好的部分。当然，AAT 也有海外计划。为了实现我们的短期国内目标，我们正在制定一项战略，以扩大我们在印度以外的足迹。

JEC：您的客户从使用 Aerotruck® 中获得的三大好处是什么？

P.P.：由于数字化和更好的公路基础设施，印度的公路物流业务正在发生转变。这个传统上分散的市场正变得越来越有组织。印度的大型企业和初创的独角兽公司正在购买卡车以满足不断增长的电子商务业务的需求。Aerotruck® 的三个最重要的好处是。

安装后，卡车燃料成本减少 7-12%。燃油是大多数车队的最高运营费用，这是迄今为止得出的最重要的好处。

极短的安装时间。在我们的车库里，由我们的团队进行的整个产品安装是非常快的。因此，车队经营者不必为较高的停机时间而烦恼。

提高卡车的美观度。对于著名的品牌来说，差异化的品牌效应和拥有的资产价值的增加是非常重要的。

JEC：贵公司如何管理制造？印度初创企业的供应链系统效率如何？

P.P.：目前，我们有经验丰富、值得信赖的供应商，如 Tomorrow 复合材料公司，他们生产复合材料整流罩。我们在孟买、新德里和班加罗尔附近的主要交通枢纽拥有自己的安装和装配团队，以确保装配质量。印度有大量的制造商，但他们大多习惯于接受原始设备制造商的生产订单，很少有开发能力。一个新成立的公司需要一个值得信赖的生产伙伴，他们了解产品的独特性，并能根据需要进行快速改进或改变。在这方面，我们很幸运，有一个和我们一样灵活开发的合作伙伴，他对我们的产品要求有深刻的理解。这帮助我们比预期更快地将产品推向市场。

JEC：Aerotruck® 面临的主要障碍是什么？

P.P.：对我们来说最大的障碍是客户教育和新产品验证的漫长周期。像我们这样的硬件产品需要对其性能进行验证，但同时耐用性方面也需要验证。我们目前处于克服这些挑战并正在寻求扩大产品规模的阶段。在许多情况下，与钣金变体的成本比较是一个棘手的问题。然而，我们一直在提高客户对复合材料应用成本效益分析的认识。我们已经走到了这一步，团队有信心克服遇到的任何障碍。

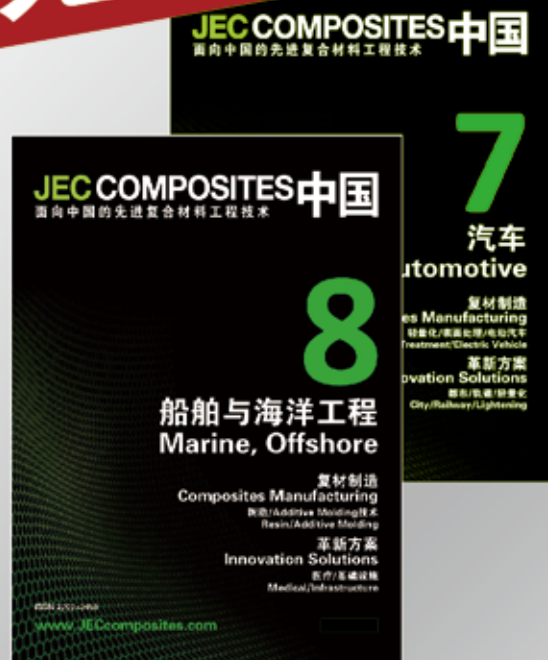
JEC：公司未来打算如何发展，是否还有更多产品在筹备中？

P.P.：我们计划专注于开发旨在提高电动汽车性能和效率的产品。电动汽车需要轻质材料和良好的空气-热设计，以便拥有最大的续航能力。我们正在进行从主动空气动力学（形状根据车辆速度而变化）到电动汽车热管理系统的研发项目，因为电池温度管理是电动汽车的一个重要方面。

www.aerotruck.in

覆盖海陆空、 能源、医疗 制造的先进培训

免费订阅



JEC中国：先进的复材加工技术内容独家授权于扎根业内25年的JEC Composites Magazine。

Advanced composites engineering content licensed from the 25 year old JEC Composites Magazine.

经审核的高层人员可免费订阅本刊。Subscriptions in China are **FREE** to qualified engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

并注明“我想订阅J” subs@icgl.com.hk
或登录 www.ChinaEngineeringMedia.com



美丽伪装下的狂速

手工制造的 Vector 有一个碳纤维复合材料结构和一个独特的电池模块单壳。碳纤维复合材料结构和机器的轻盈重量相结合，对自行车的整体性能有很大贡献。Vector 的前后都有碳纤维摆臂，以及采用了亚麻复合材料的整流罩。全套设备的重量仅为 220 公斤，比 Vector 最接近的竞争对手轻了近 60 公斤。在高速公路上，这款电动超级摩托车可提供约 194 公里的续航里程。Arc Vector 还提供了令人印象深刻的加速度，可以在 2.7 秒内达到 100 公里，然后达到 200 公里的最高时速。

www.arcvehicle.com



为电力让路

特斯拉半挂车是制造商特斯拉公司的一款全电动半挂车。2017 年 11 月 16 日，两辆原型车亮相。批量生产和交付原定于 2020 年开始，但由于 2019 冠状病毒流行带来的一些限制，已被推迟到 2021 年。其驾驶室由碳纤维增强塑料制成，高度足以让司机在里面站起来。通过其流线型外形和车身与半挂车之间的可移动侧翼以及完全平坦的底板，空气动力阻力系数应该可以达到 0.36。特斯拉半挂车应该能够在 5 秒内单独从 0 加速到 100 公里左右，而在满载拖车的情况下则需要 20 秒。据特斯拉董事长埃隆·马斯克的说法，一辆满载的卡车可以以 65 英里 / 小时或 104 公里 / 小时的速度爬上 5% 的坡度（而且根据 Semi 网站，60 英里 / 小时或 97 公里 / 小时），而“最好的柴油卡车最高只能达到 45 英里 / 小时（72 公里 / 小时）。”

www.tesla.com

一种复合材料电动车的电池外壳

在过去的 50 年里，Continental Structural Plastics 公司为汽车、重型车辆、暖通空调和建筑行业提供了由轻质复合材料解决方案制成的领先技术。借鉴母公司帝人公司在碳纤维和材料方面的专业知识，CSP 为客户提供解决方案，使他们在车辆设计方面不走寻常路。CSP 的多材料电动车电池外壳比其钢制的同类产品轻 15%。虽然其重量与铝制外壳相同，但 CSP 版本具有更好的耐温性，特别是在使用独家酚醛树脂系统时。这使得全尺寸的多材料电池外壳具有一体式复合材料盖和托盘，以及铝和钢的加固。

www.cspplastics.com



靠电移动

Moving Thanks to Electrons

根据维基百科，车辆（来自拉丁文：vehiculum）是一种运输人员或货物的机器。车辆包括马车、自行车、机动车（摩托车、汽车、卡车、公共汽车）、有轨电车（火车、有轨电车）、水上交通工具（船舶、船只）、水陆两栖交通工具（螺旋推进的车辆、气垫船）、航空器（飞机、直升机）和航天器。因此，与普遍接受的含义相比，其范围远远大于汽车和卡车，我们将在下面的例子中看到。

电动汽车（EV）一点也不新鲜。如果你参观德国斯图加特附近的保时捷博物馆，你会看到费迪南德·保时捷这一辆电动车在1898年为汽车制造商 Jacob Lohner 工作过，这已经是120多年前的事情了。然而，有一个问题仍然有待解决，那就是电池每公斤可以存储的能量密度。这就是为什么目前只有小型飞机是电动的。这也解释了为什么当我们谈论电动车时，我们主要想到的是汽车和卡车。电池很重。这对复合材料来说是一个机会，既可用于其外壳，也可用于底盘或其他重型部件。用复合材料取代钢铁将产生良性循环。

国际能源署（IEA）发布了一份题为《2020年全球电动车展望》的报告（注：IEA成立于1974年，旨在帮助协调对石油供应重大中断的集体反应）。根据这份报告，全球电动车存量（包括轿车、轻型商用车、公共汽车和中型及重型车辆，但不包括两轮/三轮车）将从2019年的约800万辆扩大到2025年的5000万辆，到2030年接近1.4亿辆。这相当于一个接近30%的年平均增长率。由于销售份额的持续增长，预计到2030年，电动汽车将占全球汽车总量的7%。电动汽车的销量预计在2025年达到近1400万辆，2030年达到2500万辆，占有道路车辆销量的10%和16%。

在这种情况下，复合材料可以受益于其固有特性以及新玩家将从头开始他们的工厂而不忠于任何特定材料的事实。自动化显然是进入这个市场的关键。复合材料行业在这方面取得了很大进展，现在已经做好了准备。敢于尝试新事物的电动汽车制造商不会后悔选择使用复合材料。

覆盖海陆空、 能源、医疗 制造的先进培训

免费订阅



Kunststoff 中国：先进的塑料加工技术内容
独家授权于行业顶流刊物Kunststoffe. Kunststoff
China, advanced plastics engineering content
licensed from Kunststoffe, arguably the smartest
source in the business.

经审核的高层人员可免费订阅本刊。
Subscriptions in China are **FREE** to qualified
engineering managers.

请将以下信息发送给我们。Email us your

- 姓名 Name
- 职位 Job Title
- 公司名称 Company Name
- 公司地址及邮编 Company Address
- 公司网址 Company Website

并注明“我想订阅K” subs@icgl.com.hk
或登录 www.ChinaEngineeringMedia.com

超跑中的超跑——迈凯伦塞纳干碳版

The McLaren Senna Carbon Theme: the Hypercar of Hypercars

在 2018 年 3 月的日内瓦车展上，McLaren 及其特别行动 (MSO) 部门以全新版的 McLaren Senna Theme 向 McLaren Senna F1 传奇车手 Ayrton Senna 致敬。来自英国 British Woking 公司的工程师们运用他们所有的专业知识和经验优化了驾驶员和车辆之间的关系，从而使汽车具有优异的性能。这是迄今为止打造的最快的路车。



MSO 耗时将近 250 小时，为迎宾踏板、尾翼和主动式前分流器精心打造耀日黄色调，而制动钳则采用了月桂绿涂装。这种黄、绿色调的搭配灵感来自于巴西传奇 F1 车手 Ayrton Senna 的头盔配色。

继 P1 和 P1 GTR 之后，McLaren Senna 是第三款被归入“McLaren 终极系列”的车型，该系列车型专为该品牌最杰出的车型预留的。这款经过道路认证的车型的干重为 1,198 公斤 (800 马力，即每 1.5 公斤马力)，接近 1993 年 Senna's legendary F1 (1,140 公斤)。大量使用碳纤维不仅提高了性能，并将 McLaren Senna 转变为名副其实的赛道野兽。

在 500 辆的限量版系列中，每一辆手工组装的汽车都已经售出。

无需权衡的汽车

设计这款车的主要挑战不仅仅是制

造出一款具有出色机械性能的汽车，而且还要尽可能再现 Ayrton Senna 独特的驾驶体验。

工程师们通过使用一体化的底盘和碳纤维车身来限制车辆的重量。车身外观由 67 个不同的部分组成，用了 1000 个小时才完成，而表面可见的碳纤维的美感则归功于此。碳纤维车体不仅重量超轻，它还提供了必要的结构刚度，以抵抗赛车在赛道上高速行驶时所受到的空气阻力。

这台 4.0L 双涡轮增压 V8 发动机借鉴了 720S 并进行了升级，可提供 800 HP 的动力，扭矩为 800 Nm。McLaren Senna 可以在 6.8 秒内从 0 加速到 200

km/h，最高时速为 340 km/h。它采用了专门为赛车设计的碳陶瓷刹车系统。每个刹车盘都是一件名副其实的艺术品，需要 7 个月的生产时间，也就是说，制作时间是一个普通刹车盘的 7 倍。冷却叶片是用机械加工成圆盘而不是通过模具成型的。每个圆盘的尺寸为 390mm x 34 mm，强度比标准圆盘高了 60%，导热系数是标准圆盘的四倍。因可以减少体积，从而减少了簧载重量。而且，凭借更高的性能，在一个典型的赛道循环中，其大多数刹车时产生的温度比普通刹车都要低 150° C。较低的温度意味着制动管的尺寸可以减小，但仍能满足冷却要求，因此重量减轻得更多。刹

追求轻量化

超轻座椅采用碳纤维制造，采用一种创新的双层外壳技术，与使用传统碳纤维工艺制造的相同座椅外壳相比，重量减轻了 33%。每个座椅外壳仅重 3.35 公斤。为了减轻重量，七个轻量级 Alcantara®（或真皮）衬垫取代了完全填充的泡沫模具。驾驶员的座椅可以在轨道上移动，脚踏板是固定的，这是减少部件复杂性和重量的最佳解决方案。选择行驶档、空档和倒档的模块固定在驾驶员座椅上并随其移动，以确保控制装置始终在手边。McLaren 还提出了碳纤维轮毂选项，每一个重量只有 7.5 公斤，比原来的轻 10%。



碳陶瓷刹车和超轻合金车轮



精心的空气动力学设计包括一个双后扩散器和持续活跃的后扰流板。

有巴西灵感的色彩旨在向 Ayrton Senna 的祖国致敬，从而推动了展出的 Carbon Theme 价格快速攀升，从最初的 85 万欧元上涨到 100 多万欧元。

更多信息：www.cars.mclaren.com/ultimate-series/mclaren-senna

车热衰退和磨损率也降低了。刹车性能惊人：时速 200 公里 / 小时停车仅需 100 米，100 公里 / 小时甚至不到 30 米。

空气动力学对性能的影响

根据制造商的设计理念——“形式追随功能”：其主动式前后空气动力学设计将下压力和空气动力性能提升到全新高度。McLaren Senna 采用了宽体车身，同时设计的空气道贯穿车体侧面，这种设计能够引导空气快速流通至车尾，并优化车身的动态平衡。McLaren Senna 产生的下压力为 800 公斤，比 McLaren P1™ 多出 200 公斤。这样的性能可以改善驾驶，使其能够随着速度的增加逐渐达到极限。在时速 240 km/h 时，McLaren Senna 的前分流器偏转不到 10 毫米。由于碳纤维结构，尾翼可以支撑 100 倍自身重量。车顶的通气管式进气口和发动机的进气室也由碳纤维制成，有助于降低重心。所有这些都给了驾驶员一种安全感，出色的路面抓地力进一步提升了安全感，使其能够稍后刹车，以更快的速度接近转弯处，并在转弯处加速。

一款具有无限制制可能的超凡赛车

虽然 McLaren Senna Carbon Theme 并不是该制造商超跑系列的新版本，但在 Geneva 展示的这款车型让人想起 McLaren 为这款超级赛车的购买者提供的令人兴奋的定制可能性。MSO 的

首席执行官 Ansar Ali 很高兴这 500 辆车的买家都用到了制造商的定制化服务。可能是为车身、车轮和中央锁止系统定制的外部油漆颜色，也可能是灵感来自 McLaren F1 的 24 克拉黄金发动机隔热罩。一个完整的极具视觉冲击的碳纤维车身，突出了广泛使用的轻量化工程，甚至可以和客户选择的定制颜色搭配。内饰可能包括有色碳纤维和独特的压花或镀膜头枕。事实上，通过 MSO Bespoke Commission，几乎任何事情都是可能的。

当然，这样的定制也是有代价的！尤其是在巴西 Geneva 车展上展示的这台仅涂装就价值 35 万欧元的赛车，其富

关于 McLaren 汽车

McLaren 汽车（原名 McLaren 轿车）McLaren 汽车是一家制造豪华、高性能跑车和超级跑车的公司。McLaren 是一个不断地突破边界的先锋：1981 年，它将强大、轻质碳纤维底盘引入一级方程式赛车，为 McLaren MP4/1，1993 年，McLaren 设计并制造了 McLaren F1 公路赛车。自那以后，该公司还没有生产过无碳纤维底盘的汽车。McLaren 也是第一个推出混合动力超级跑车的，McLaren P1™，是终极系列的一款。

根据 2016 年宣布的 Track22 商业计划，该公司将投资 10 亿英镑（11.25 亿欧元）用于研发，在 2022 年底交付 15 款新车或衍生产品。其中至少有一半是混合动力车。2017 年，该公司推出了更多与 Track22 类似款的车型，包括第二代超级系列、570S Spider 和 McLaren Senna。

为了支持该系列创新跑车和超级跑车的开发、工程和制造，McLaren 汽车公司与世界领先公司合作，提供专业的知识和技术。其中包括 AkzoNobel、Kenwood、Pirelli 及 Richard Mille。

发展中国家假肢窝的先进复合材料

Advanced Composite Materials for Prosthetic Sockets in Developing Countries

在发展中国家，由于先进复合材料（ACM）的强度 - 重量比和生物相容性，目前在包括义肢承筒在内的一些领域使用先进复合材料的趋势越来越明显。本文所述的研究旨在为假肢插座选择最合适的先进复合材料。这项研究还将根据 ASTM 标准，通过对每种材料替代品的拉伸和密度测试，提供额外的数据。之前的研究表明，在其他替代品中，Kevlar 纤维的强度最高（ $207.18 \times 106 \text{ N/m}^2$ ），密度也足够低（ $1248.85 \pm 0.098 \text{ kg/m}^3$ ）。因此，它被选为最合适的材料，因为与其他替代品相比，它的性能值最好。

Gema Akbar Ramadhani, Susy Susmartini, Lobes Herdiman, Ilham Priadythama, Industrial Engineering Department, Sebelas Maret University

世界卫生组织 (WHO) 估计发展中国家有 3500-4000 万人是截肢者 (2017)。在尼日利亚等国家，截肢的最常见原因是创伤、感染和糖尿病。而对于伊朗和阿富汗等目前处于战争状态的发展中国家来说，截肢通常是由战争事故引起的，例如枪击和地雷造成的伤口。

正确构建假肢需要高水平的技能。发展中国家面临的问题之一是缺乏训练有素的人员，而且在国外订购假肢成本高昂且不切实际。因此，截肢者严重依赖当地的假肢制造商。假肢由两个基本组件组成：接头，患者的残肢将连接到假肢，假体，即替换肢体。由于当地假肢制造商缺乏专业知识，发展中国家制造的假肢窝仅仅由类纤维材料（例如天然纤维或合成纤维）或树脂基质的木材

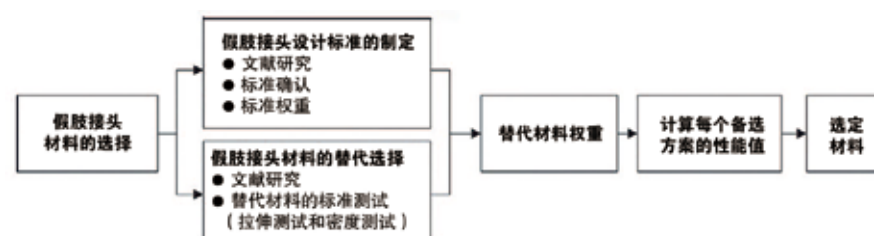


图 1：先进的复合材料选择流程。

制成。这些组合很重，给截肢者带来问题并增加他们的能量消耗。假体连接处既要坚固又要轻便，以降低用户的能量消耗，使其能够发挥作用。人类手臂的质量是全身质量的 5.1%。手臂可分为上臂 (54.9%)、前臂 (33.3%) 和手 (11.8%)。

被视为轻量级的假肢，尤其是经桡动脉（肘部以下）的假肢，其重量不得

超过使用者身体总质量的 4.5%。因为这种组合的重量，制造的假肢会增加使用者的能量消耗，从而使假肢的功能降低。

Poonekar (1992) 确定了在发展中国家设计假肢时应满足的一些材料标准，包括：耐用、重量轻、当地可获得、能够手工制作、考虑当地气候和工作条件、技术功能性（不是无缘无故的“高科技”），

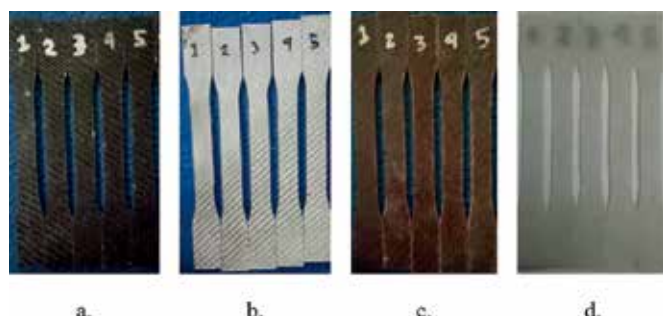


图 2：(a) 拉伸试验用碳纤维试样；(b) 拉伸试验用 Texalium 试样；(c) 用于拉伸试验的 Kevlar 纤维试样；(d) 拉伸试验用 Polinet 试样

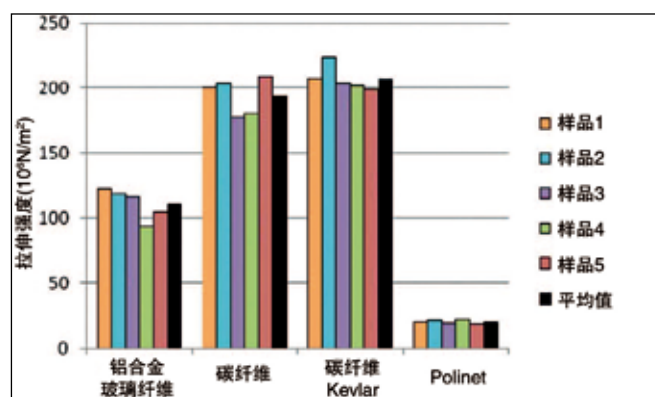


图 3：不同材料替代品的拉伸测试结果。

并且足够美观。另一个要考虑的标准是接头的配合。所用的材料应该能够形成复杂的形状，以便能够舒适地安装在使用者的残肢上。

有两种类型的假肢：机械假肢和美容假肢。机械假肢提供基本手部活动的的能力，例如抓握和握持，而美容假肢仅提供正常肢体的外观，就好像它没有被截肢一样。由于截肢者以失去肢体为耻的文化，发展中国家的截肢者更喜欢美容假肢。

根据 Haruna 等人 (2014)，发展中国家在航空航天和建筑等多个领域使用先进复合材料 (ACM) 的趋势越来越明显。先进复合材料也是生物医学应用的一个较好的选择，如假体接头，因为它们具有卓越的强度 - 重量比和良好的生物相容性。例如，Walbran 等人 (2016) 为踝足矫形器设计了一个碳纤维复合材料弹簧接头。先进的复合材料一般以织物的形式出现，可以形成复杂的表面。由于其多种图案和颜色，它们还能提供有吸引力的美学。基于这一背景，本研究旨在为一个发展中国家的假肢接头选择最合适的先进复合材料。这是一个多标准的问题，涉及定性和定量方面。

方法

本研究遵循图 1 流程图中描述的材料选择过程。

材料选择过程从文献研究开始，以

制定对接头窝的要求，然后进一步探索以获得标准和子标准。下一步是在几位专家的帮助下，使用 Delphi 方法以问卷的形式确认结果标准。Delphi 方法使协调小组内的沟通过程成为可能，以获得对复杂问题的共识解决方案。专家可以批准、不批准或提出建议作为附加标准或子标准。这一步反复进行，直到所有专家达成共识。然后在一些受访者的帮助下，以另一份问卷的形式计算每个标准和子标准的加权值。然后，受访者将每个标准和子标准与成对比较 (成对) 进行比较，并从设定的值尺度对每个标准和子标准进行评分。

然后选择先进的复合材料替代品，考虑它们在研究领域的可用性。

然后对替代品进行标准化测试，该测试对应于每单位体积的强度和重量标准。每个替代品都被加工成标准化的样品进行测试。样品如图 2 和图 4 所示。强度标准是通过拉伸强度来衡量的，而每单位体积的重量标准是通过材料的密度来衡量的。拉伸试验参照 ASTM D638 标准，而密度试验参照 ASTM 792-08 标准。根据所进行的测试，每个替代品的抗拉强度和密度分别如图 3 和图 5 所示。

下一步是根据每个子标准计算每种材料替代品的加权值。定量子标准使用具有最大值和最小值的归一化方法计算，以获得它们的加权值。在许多受访者的帮助下，定性子标准通过配对比较 (成对)

过程的一系列归一化和加权过程，这些受访者从设定的值尺度对每个子标准进行评分。然后使用标准、子标准和备选方案的加权值来计算每个备选方案的性能值。具有最高性能值的替代品将被视为最合适的假肢支架材料。

结果与讨论

在制作合适的假肢接头时，一些特性值得注意。假肢接头既要坚固又要轻便，以降低用户的能量消耗，使其能够发挥作用。如果功能符合预期，则产品被视为功能性产品。要被认为是功能性的，假肢接头应满足两个子标准，即强度和重量轻。强度是通过拉伸强度来衡量的，轻量级是通过每个替代品的密度来衡量的。另一个需要考虑的标准是接头的适合度。使用的材料必须能够形成复杂的形状 (定制适合)，以便可以舒适地安装到用户的躯干上 (Klasson, 1985)。定制标准涉及假肢制造过程。用于制造假肢的方法，特别是在发展中国家，是手糊。使用树脂基体反复切割并粘贴在铸件上，直至达到所需的厚度。因此，应考虑的子标准是假肢接头铸件的切削容易性和成型能力。Murray (2009) 建议美学也应该被视为一个标准。来自发展中国家的截肢者也关注假肢的美感。具有吸引力美学的假肢将使用户对佩戴它更有信心。产品的美感取决于其颜色、图案和质地。在假肢

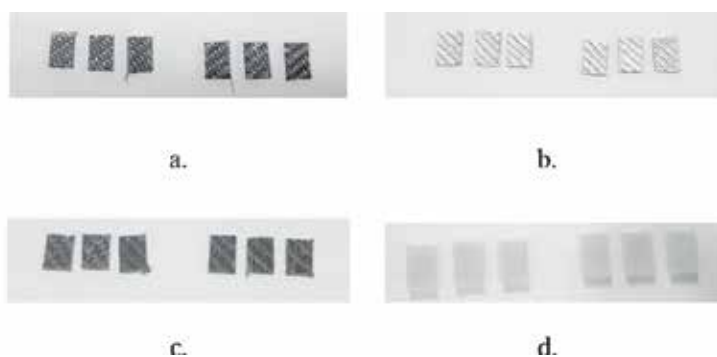


图 4: (a) 密度测试用碳纤维试样; (b) 用于密度测试的 Texalium 样品; (c) 用于密度测试的 Kevlar 纤维试样; (d) 密度测试用 Polinet 试样。

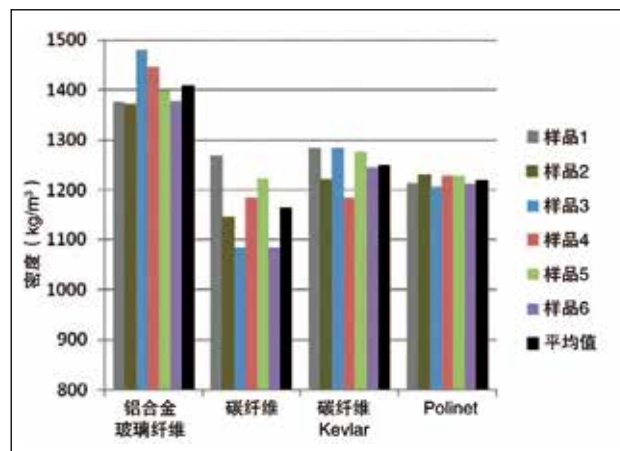


图 5: 不同材料替代品的密度测试结果图。

接头 的情况下，不同的材料将提供不同的颜色、图案和纹理。

Delphi 方法用于确认建立的标

准和子标准。问卷由对研究中讨论的主题有经验的专家填写。专家建议的任何分歧或变更都已传达给其他所

表1：假肢接头标准和次级标准的专家共识结果。

标准	次级标准
功能性(0.449)	强度（抗拉强度）(0.511)
	每单位体积的重量（密度）(0.489)
定制适合(0.376)	易于切割 (0.103)
	假肢接头铸件的成型能力(0.505)
	抗断裂、抗撕裂、抗折断(0.392)
美学 (0.175)	颜色选择(0.736)
	样式选择(0.264)

表2：最大/最小值归一化方法的计算结果。

Nº	替代品	抗拉强度 (10 ⁶ N/m ²)	加权重拉 力值	密度 (10 ³ kg/m ³)	加权密度值
1	铝合金碳纤维	111.1	0.21	1.408	0.22
2	碳纤维	194.2	0.36	1.165	0.27
3	碳纤维Kevlar	207.2	0.39	1.249	0.25
4	Polinet	20.2	0.04	1.220	0.26

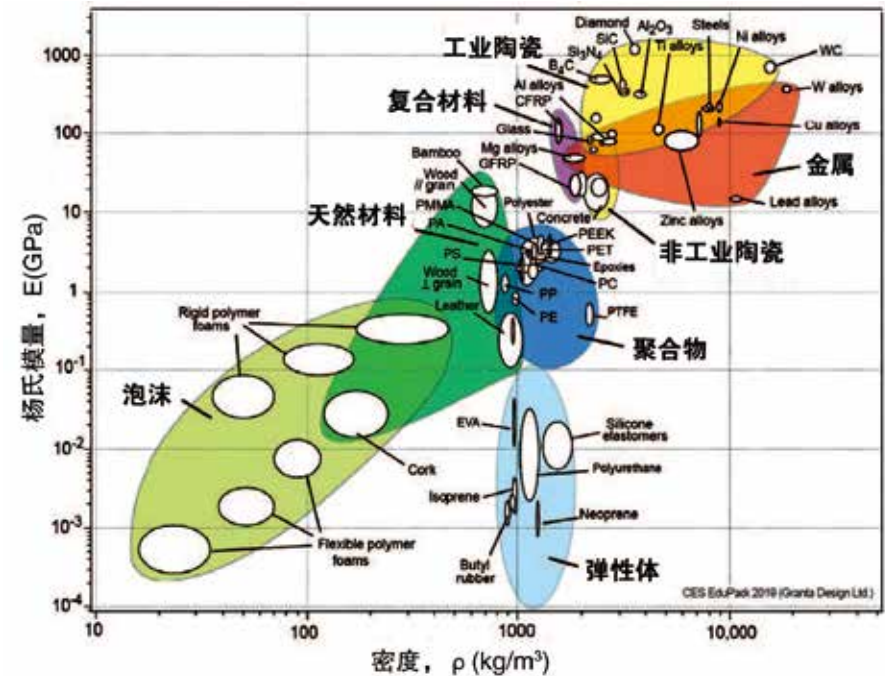


图 6. 强度 / 密度材料特性图。

有专家。重复这个过程，直到所有专家达成共识。参与这一步的专家包括来自 MaliqComposites Yogyakarta 的高级复合材料专家，来自 Balai Besar Rehabilitasi Sosial Bina Daksa (BBRSBD) 的假肢制造商，以及来自 Sebelas Maret 大学的专家。第一轮问卷显示，并非所有专家都同意所有标准。关于功能性和定制性，所有专家都批准了每个标准和子标准。然而，在美学方面，纹理的子标准被认为不太合适。这个决定是基于高级复合材料专家的建议，他认为由于树脂饰面，每种材料的最终纹理将是相同的。他还建议在自定义拟合标准中添加另一个子标准，即抗断裂、撕裂和磨损，因为这会影响最终结果。对于第二轮问卷的结果，所有专家达成共识。

然后在许多受访者的帮助下统计每个标准和子标准的加权值，这些受访者将每个标准和子标准与配对比较（成对）进行比较，并使用设定值尺度对它们中的每一个进行评分。另一份问卷分发给受访者，其中包括来自 MaliqComposites Yogyakarta 的高级复合材料专家、Balai Besar Rehabilitasi Sosial Bina Daksa (BBRSBD) 的假肢制造商、以及来自 Sebelas Maret 大学的专家和经桡动脉（肘部以下）假肢用户。表 1 显示了标准和子标准加权的

结果。选择作为本研究替代品的四种材料是碳纤维、Kevlar 碳纤维、铝合金玻璃纤维（由于其在研究领域中的可用性）和 Polinet（发展中国家常用的假肢支架材料）。研究中使用的先进复合材料是斜纹 3k 机织物，而 Polinet 是来自印度尼西亚东爪哇省帕苏鲁安的产品。层压复合材料是在室温 (25-30℃) 下通过手工铺层生产的，由四层具有对称纤维取向的材料组成，厚度为 3.2±0.4 mm(ASTM D638, 2014)。使用比例为 1:1 的固化剂的聚氨酯树脂作为基质制备样品，这些样品是从层压板上切下的。拉伸试样尺寸参照 ASTM D638 I 类标准，密度试样尺寸参照 ASTM D792-08 标准。

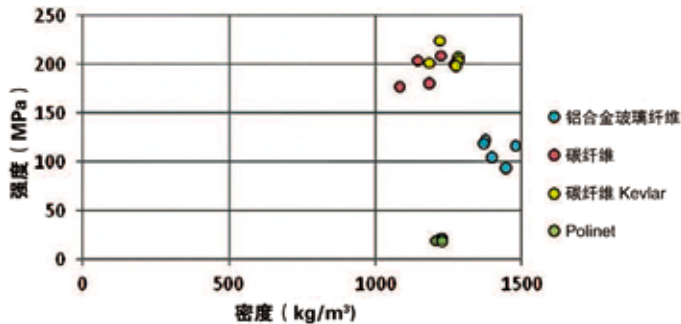


图 7: 先进复合材料替代品的分类。

SHT4000 系列伺服液压万能试验机在室温 (25-30 °C) 下进行测试。根据 ASTM D638 I 型标准, 测试速度为 $25\% \pm 5\text{mm/min}$ 。试样的尺寸为 $165 \times 13 \times 0.5 \pm 3.2 \pm 0.4$ 毫米。每种材料测试了五个试样。每个试样的测试结果的平均值和标准偏差代表每种材料的抗拉强度值。

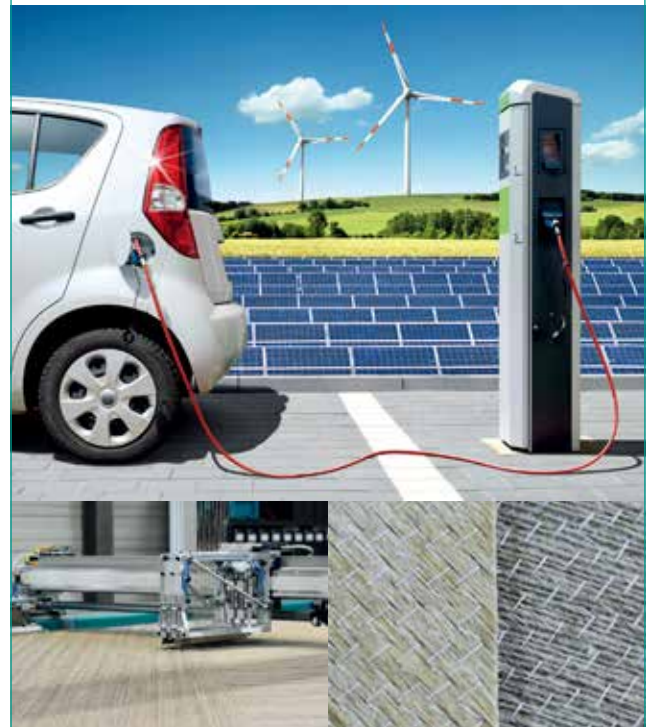
拉伸试验结果表明, 先进复合材料的拉伸强度高于 Polinet。Kevlar 碳纤维的拉伸强度最高 ($207.18 \pm 25.21 \text{ MPa}$), 其次是碳纤维 ($194.18 \pm 31.59 \text{ MPa}$)、铝合金玻璃纤维 ($111.1 \pm 28.45 \text{ MPa}$) 和 Polinet ($20.23 \pm 3.01 \text{ MPa}$)。

使用分析天平进行密度测试。测试样品是先前制备的小块层压板。每 1g 重量试样厚度不小于 1mm。将每个样品放置在使用金属丝钩悬挂在分析天平上的容器 (钢丝网) 中, 并在空气中称重并浸没在液体中。液体是温度为 23 °C 的水 ($\rho = 997.5412 \text{ kg/m}^3$) (ASTM D792-08, 2008)。样品涂有橡皮泥以防止吸水。

每种材料都测试了多达六个样品。每个试样的测试结果的平均值连同标准偏差代表每种材料的密度值。密度测试结果表明, 先进复合材料的密度与 Polinet 的密度相差不大。碳纤维 ($1164.74 \pm 0.109 \text{ kg/m}^3$) 的密度最低, 低于 Polinet 的密度 ($1219.91 \pm 0.186 \text{ kg/m}^3$), 其次是 Kevlar 纤维 ($1248.85 \pm 0.098 \text{ kg/m}^3$) 和铝合金玻璃纤维 ($1407.79 \pm 0.021 \text{ kg/m}^3$)。

图 6 中的材料特性图表描述了材料的强度和密度之间的关系。强度 / 密度材料

KARL MAYER GROUP



COMPETENCE IN TECHNICAL TEXTILES

Sustainable Fibre Composites –
read more:



www.karlmayer.com

STOLL
KARL MAYER
KM.ON

表3: 先进复合材料替代品的性能值计算结果

	功能化		定制合适			美学		
	0.449		0.376			0.175		
	强度	重量单位 体积	易于切割	假肢接头 铸件的 成型能力	抗性	颜色选择	样式选择	性能值
重量值	0.511	0.489	0.103	0.505	0.392	0.736	0.264	
替代品								
铝合金碳纤维	0.209	0.223	0.23	0.275	0.227	0.391	0.314	0.256
碳纤维	0.365	0.269	0.23	0.275	0.247	0.137	0.314	0.272
碳纤维Kevlar	0.389	0.251	0.17	0.275	0.170	0.406	0.314	0.295
Polinet	0.038	0.257	0.37	0.176	0.356	0.066	0.057	0.176

特性图表用于设计轻而坚固的结构。每个气泡根据其属性值描述材料分类。图 6 显示了由 铝合金玻璃纤维、碳纤维、Kevlar 纤维和 Polinet 制成的每个样品的强度 / 密度关系。

每种替代品的强度密度分类如图 7 所示。根据强度 / 密度材料特性图，发现碳纤维和 Kevlar 纤维属于“复合”类气泡，因为它们具有高强度和低密度。铝合金玻璃纤维也属于“复合”类泡沫，但由于其中等强度和比凯夫拉和碳纤维更高的密度，更倾向于“陶瓷”类泡沫，而 Polinet 属于“聚合物和弹性体”类泡沫，因为其强度较低，密度与 Kevlar 纤维和碳纤维相似。

强度（抗拉强度）和单位体积重量（密度）次级标准的数值，相对于其他次级标准来说是定量的，采用最大 / 最小值归一化方法。强度（抗拉强度）子标准使用了最大值归一化方法，因为需要最高的强度值，而单位体积重量（密度）子标准使用了最小值归一化方法，因为需要最低的密度值。每个备选方案的测试和归一化值见表 2。

然后计算每个备选方案的性能值。性能值是从每个标准和子标准的加权值的总和乘以每个材料替代设计的加权值

得到的。表 3 中详细列出了每个替代品的性能值。性能值最高的替代品被认为是最合适的假肢支架材料。

根据结果，Kevlar 纤维被选为最合适的假肢臂接头材料，因为它与其他替代品相比具有更高的性能价值 (0.295)。基于 PT 的经桡动脉（肘部以下）假肢

接头设计，使用选定的替代材料（图 8）制作了一个原型。该接头原型由印度尼西亚 MaliqComposites Yogyakarta 复合材料车间手工糊层制造，由三层材料组成，具有对称的纤维取向。使用比例为 1:1 的固化剂的聚氨酯树脂作为基体。

结论

根据所进行的研究，Kevlar 纤维被选为最合适的假肢支架材料，因为它与其他替代品相比具有更高的性能价值 (0.295)。具有最高值的子标准是强度 (0.39) 和颜色选择 (0.40)。研究表明，Kevlar 纤维在其他替代品中强度最高 ($207.18 \times 106 \text{ N/m}^2$)，并提供多种颜色选择以满足用户的需求。然而，由于 Kevlar 纤维的切割困难和易磨损，这种材料的易切削性 (0.17) 和抗断裂、撕裂和磨损子标准 (0.17) 的值较低。

致谢

作者想对所有贡献和支持本研究过程的人表示感谢。还要感谢 Balai Besar Rehabilitasi Sosial Bina Daksa (BBRSBD) 对研究的合作和支持。

www.uns.ac.id/en
www.tandfonline.com



图 8: Carbon Kevlar 假肢臂接头原型。



Amparo 的联合创始人兼首席技术官 Wesley Teerlink 为 Sandy Kühn 安装 Confidence Socket。

一种制造假肢和矫形器的新方法

A new way to make prostheses and orthoses

Amparo 正在重新定义假肢插座技术。Confidence Socket 是一种创新的现成产品，旨在提供更简单、更快和更经济的装配过程。通过这种方式，该公司可以为生活在世界上最偏远地区的人们提供假肢。

Lucas Paes de Melo, Co-founder and CEO, Amparo

Amparo 专门设计用于根据患者的解剖结构直接成型，以便在几分钟内制作出最终的矫形器和假肢。这种独特的生物塑料聚酯具有非常低的熔点、高熔体粘度，但在使用温度下具有高强度和刚度。通过将这种独特的塑料化合物与网状织物结构相结合，Amparo Direct Fit Compound 在其熔化状态下易于处理，但在其最终状态下可完全发挥作用。这种低熔点化合物开辟了一种制造假肢和矫形器的全新方法，比许多旧方法更快、更可靠。

传统假肢制作

第一款使用 Amparo Direct Fit Compound 的产品 Confidence Socket 用于为膝下截肢者制造假肢接头组件。在传统的假肢建造中，技术人员对患者的残肢进行负石膏模型。接下来，创建并修正模型以得到用于承受患者体重的功能形状。然后，将一块塑料加热并覆盖在正模型上，并使用真空系统使塑料与石膏形状一致。最后，连接假体其余部分的连接点，并对粗糙边缘进行平滑处理。

Confidence Socket

第一款使用 Amparo Direct Fit Compound 的产品已于 2018 年 5 月投

放市场。Confidence Socket 是在 2018 贸易展览会上推出的。该技术在其推出的几个不同市场上受到欢迎，因为它的操作超级简单，而且能够直接塑造病人的残肢。目前正在进行进一步的开发，以进一步改善该化合物的特性，用于矫形外科的其他具体应用，并改进其独特的制造方法。在未来的一年里，将通过几个工具的开发来扩大生产能力。Amparo 使用 Amparo Direct Fit Compound 为产品添加新产品，以使更多的患者和技术人员可以从其独特的特性中受益。

Confidence Socket 的市场潜力为每年 6 亿件。统计数据显示，每年有 90 万名新的截肢者。Confidence Socket 的单件成本为 645 欧元。

自该产品推出以来，该公司已参与了整个发展中国家的众多无障碍项目，并将继续做下去。在上市不到一年的时间里，它已经改变了一百多名截肢者的生活，并培养了 60 多名骨科专业人士的能力。

减少环境影响

Confidence Socket 具有两个主要的环境优势。首先是与传统的假肢接头制造工艺相比减少了浪费。在大多数情况下，截肢者的残肢会被测量并用于制

作模型。然后使用该模型制作残肢的石膏模型，从那里，最终接头的材料可以在石膏模型周围模制，然后完成。这种传统工艺（需要一定的成本）导致每次安装新接头时都会产生数公斤无法再次使用的废料。此外，在截肢后的前六个月，截肢者的残肢在愈合过程中的体积会发生很大变化。这意味着普通截肢者在失去肢体后的头六个月内将需要两个、三个甚至更多的假肢接头。即使在头六个月之后，在制作长期（确定性）假肢时，传统方法也会在为截肢者提供最终产品之前使用所谓的“测试”接头。此过程遵循与上述相同的方法，并且每三到五年重复一次，具体取决于使用情况。Confidence Socket 中使用的热塑性塑料直接模制在患者的残肢上，从而大大减少了浪费，并显著降低了生产和能源成本。仅使用一个 Confidence Socket 可以多次（最多十次）执行此操作。唯一的浪费是热塑性塑料的切断，来满足移动的方便和对截肢者的良好适应。Confidence Socket 中使用的热塑性塑料在很大程度上是可生物降解的，这就是第二个环境优势发挥作用的地方。事实上，Amparo 近期的一个项目是使其成为一种完全可生物降解的热塑性塑料。

www.amparo.world

创新型复合材料 3D 打印机开发

Development of an Innovative Composite 3D Printer

在不断扩大的 3D 打印机市场中，越来越多的 3D 打印机能够制作复合材料，例如碳纤维增强聚合物（CFRP）。东丽工程公司正在抢占这一市场，将它作为展示其在复合材料领域专业知识的一个机会。

Hirofumi Sakai, Manager Research & Development Dept., Research & Development Div., Toray Engineering



图 1：复合材料 3D 打印机原型的外部视图（“核壳”方法）

现有的复合材料 3D 打印机大致可以分为两种类型。

两种复合材料 3D 打印机

第一种方法是同时挤出、排列和堆叠碳纤维，最常见的是热塑性树脂。由于在挤出方向存在连续的碳纤维，因此仅在该方向可以获得与 CFRP 相同的刚性和强度。

另一种方法是将含有被切碎或者磨碎的短切碳纤维的热塑性树脂加热熔化，然后通过喷嘴或类似的装置挤出，从而进行堆叠和打印。

这两种方法本质上都是堆叠打印方法，在堆叠方向上具有堆叠界面，并且没有使用碳纤维作为跨界面的增强材料。因此，原则上不能期望提高堆叠方向的

核壳建模流程

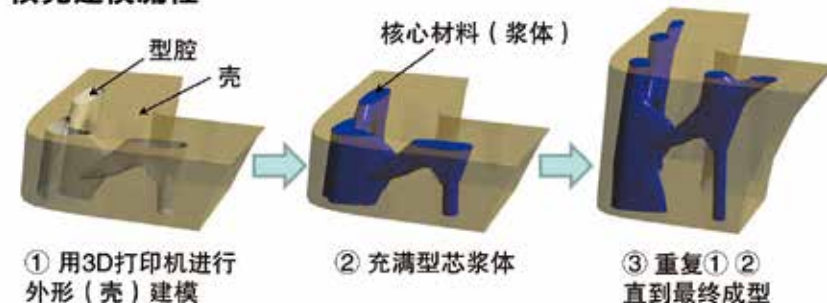


图 2：“核壳”方法——打印程序



图 3：“核壳”法打印样品

刚性和强度。换言之，在存在各向异性的情况下，打印物品的物理性能存在根本问题。

创新成型方法

考虑到这一点，东丽工程公司想出了一种新的打印方法，称之为“核壳”方法，并一直在使用这种方法开发复合材料 3D 打印机。

图 1 展示了采用“核壳”方法的复合材料 3D 打印机原型。图 2 展示了打印过程，图 3 展示了使用这种方法的打印样品。

在这种方法中，首先在立体光刻成型设备（SLA）3D 打印机中打印物品（壳）的外壳形状。然后，将含有被切碎或磨碎的碳纤维的糊状热固性树脂（核心材

料）倒入内部（核）。最后，将核分批热固成正确的形状。在该方法中，由于核至少没有堆叠打印，因此不会形成堆叠界面，能够实现各向同性的刚性和强度等物理性能。

由于它允许高刚性和高强度打印而没有各向异性，东丽工程公司开发复合材料 3D 打印机的“核壳”方法预计将可用于以前被认为与现有 3D 打印机不兼容的应用。例如，预计将用于制造要求高物理性能同时轻量化的运动器材和护理产品的树脂部件，需要高刚性和强度的原型，以及工厂用夹具的现场制造。

东丽工程公司将继续致力于复合材料 3D 打印机的开发，以扩大市场，进一步推动复合材料的应用。

www.toray-eng.com

热塑性树脂的未来

The future of thermoplastic resins

热塑性树脂凭借其可重复使用性和可持续性的潜力正在改变复合材料市场。更确切地说，Marketsandmarkets 的研究表明，到 2024 年，热塑性复合材料市场价值可能将达到 360 亿美元。在这篇文章中，作者解释了对热塑性树脂重新产生兴趣的原因。

Kim Sjö Dahl, Senior Vice President, R&D and Technology, Exel Composites

用于生产复合材料的树脂有两种类型：热固性和热塑性。热固性树脂目前是最常见的树脂，但是由于复合材料用途不断扩展，热塑性树脂正在重新引起人们的兴趣。

热固性树脂由于固化过程而变硬，固化过程利用热量形成高度交联的聚合物，这些聚合物具有不溶性或不熔性的刚性键，这种刚性键在受热时不会熔化。另一方面，热塑性树脂是单体的分支或链，它们在受热时会软化，一旦冷却就会固化，这是一种无需化学连接可逆过程。简而言之，你可以重新熔化并重新形成热塑性树脂，但不能重新形成热固性树脂。

热固性树脂的优点

环氧树脂或聚酯等热固性树脂因其低粘度和对纤维网络的出色渗透性而在复合材料制造过程中备受青睐。因此可以使用更多的纤维并增加复合材料成品的强度。

在拉挤成型过程中，将纤维浸入热固性树脂中，然后放入加热的模具中。该操作激活了固化反应，将低分子量树脂转化为固体三维网络结构，其中纤维被锁定在这个新形成的网络中。由于大多数固化反应是放热反应，这些反应以链的形式继续进行，从而实现大规模生产。树脂一旦凝固，三维结构将纤维锁定到位并赋予复合材料强度和刚度。



对热塑性复合材料的兴趣正在增长，尤其是在汽车行业。

对热塑性树脂重新产生兴趣

热固性材料和热塑性复合材料已经存在了一段时间，特别是对于涉及短纤维的应用。但是，由于越来越需要在不损失结构稳定性的情况下增加轻量化，特别是在汽车工业中，热塑性复合材料引起了新的关注。

例如，当寻求减轻车门内部件的重量时，这种类型的树脂特别有吸引力。顺便说一句，日本一家大型汽车制造商最近开始将热塑性复合材料应用到其车门内门部件。理论上，这种材料的变化可以将门的重量减少一半。

热塑性树脂在复合材料行业的成功树脂依赖于产品和功能工艺的开发。为满足这一不断增长的需求，Exel Composites 公司是最大的通过拉挤成型和拉挤缠绕工艺生产热固性复合材料的生产商，正在开发和扩展其热塑性复合材料产品。

高潜力

然而，在新的客机通常由超过 50% 的复合材料组成的事实中，我们意识到更广泛地使用热塑性树脂不仅使汽车受益。航空业正在认真研究热塑性树脂，而且这种树脂特别容易回收。热塑性复合材料在运输市场上也具有很高的潜力。

使用这种工艺制造的复合材料可以进行焊接，从而可以避免使用粘合剂。此外，它们可以铸件成型以生产具有优于其他材料机械性能的先进几何结构。

热塑性树脂的普遍优势在于它们可以不断地软化和重新成型，最重要的是还能保持其物理性能。当热塑性产品达到其生命周期的终点时，它可以被软化并重新成型以用于新的用途，从而减少材料浪费。它的其他优点在于它们的物理特性，以及它们可以用于不适合使用热固性树脂的潜在新应用。

更广泛地采用拉挤成型来生产热塑性材料将需要在研究方面付出巨大的努力，特别是因为目前的设施是为热固性树脂配置的，因此需要进行改造。热塑性树脂为生产出既坚固又轻巧且易于回收的复合材料提供了巨大的潜力。虽然现在放弃热固性树脂还为时过早，因为它们已经证明了自己的价值，但明智的做法是密切关注热塑性树脂，特别是在将可持续性放在首位的情况下。

www.exelcomposites.com

最新一代飞机通常包括超过 50% 的复合材料部件。



用于复杂复合材料制造的材料和机器

Material & Machine for Complex Composites Manufacturing

最小化复杂复合材料零件的生产成本和部件重量通常是一个相互排斥的挑战。然而，定制纤维铺放 (TFP) 技术和高性能液态树脂系统的重大进步使得设计既轻巧又具有成本竞争力。

Max Schultes, Chief Technology Officer, RAMPF Composite Solutions

通常情况下，复杂的几何形状和结构部件仍在使用预浸料制备或金属生产方法制造——尽管这些方法事实上严重限制了复合曲率或精密细节等形状的设计自由度。此外，生产部分通常必须分解为子部件和部件，以实现应用所需的形式和功能。

总体而言，这导致了用于可靠性预测、分析、供应链、零件可用性和制造的复杂系统。如果使用碳纤维和玻璃纤维复合材料制造航空航天结构部件，这些部件几乎完全由预浸材料系统或难以加工的 RTM 系统制成。这两种方法都已建立，但它们都有复杂性和缺点，包括：

- 只有在使用二次组装和粘合时才能实现更高的复杂性。

- 昂贵的工具和基础设施要求，如冷冻储存和材料的温度控制运输、高压釜固化、加热工具和注射基础设施（用

于 RTM）、有限的保质期等。

这些是制造商犹豫设计复合结构和解决方案的主要原因。对于产品开发的早期阶段或小批量生产（如直升机或用于监视、空中消防和加油的特殊任务飞机）尤其如此。

如果开发周期需要修改，则工具基础设施所需的投资增加 / 必须重复的风险太高。最近对城市空中交通市场的推动是另一个需要进行大量的开发工作关键领域的一个例子，以充分优化应用的最终产品，而不是使产品适合于传统技术。

TFP 技术和高性能树脂赋能复合材料制造

在 RAMPF 复合材料解决方案中，尖端的 TFP 技术和高性能液态树脂系统相结合，可实现更自动化且成本更低的复合材料制造——包括复杂几何形状和

结构。TFP 在使用复合材料的轻质结构方面的优势是惊人的。通过在需要强度或重量优化的地方选择性地铺设和定向碳纤维和玻璃纤维长丝，可以最大限度地提高质量比刚度和强度。复合材料的结构性能也得到了最大化，同时最大程度地减轻了重量，减少了碳纤维的使用并降低成本。

如何以最划算的方式利用这项技术制造复杂的复合材料零件是各个行业讨论很多的主题。充分释放 TFP 潜力的关键是合适的液态树脂系统的可用性，例如用于结构或内部应用；设计数据的可用性；以及零件几何形状和纤维结构的精确建模和分析方法。

在 RAMPF 复合材料解决方案，八台 TFP 机器以最高的精度高速沉积和缝合纤维材料。高温结构液态树脂系统的性能不断提高。系统存在低温加工特性，例如 40° C 的树脂灌注，以及出色的润湿性能，保证了 TFP 预制件的有效和快速渗透。这伴随着性能关键工艺步骤的自动化，例如混合、脱气和分配树脂。



RAMPF 复合材料解决方案的航空航天和复合材料工程师团队使用尖端的 TFP 技术，提供高质量和高性价比的解决方案，以应对包括航空航天、国防、运输、医疗和绿色技术在内的各个行业最严峻的技术挑战。

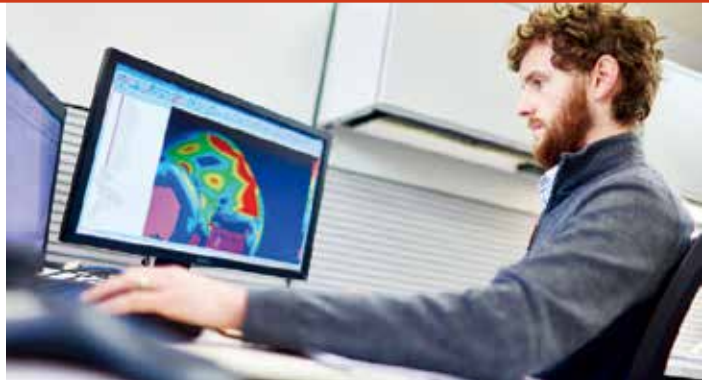
聚焦

在小批量生产或早期产品开发阶段释放复合材料制造的全部潜力的先决条件是：

- 工具和工艺基础设施投资低。
- 跨越各种应用、尺寸和体积的可扩展性。
- 材料组合的灵活性（各种织物、芯材等）
- 固定的质量保证。



RAMPF 开发的高性能树脂系统有助于快速、有效地渗透 TFP 预制件。



RAMPF 复合材料解决方案总部位于加拿大安大略省伯灵顿，完全垂直整合，提供项目管理、产品开发、工具设计和制造，以及专门的新产品介绍。

此外，合格的材料性能可以轻松地将工艺转移到新产品、应用和制造现场。

用于飞机零件生产的预制件铺设工具数量显着减少

使用这些树脂系统（具有和不具有 FST 性能）和最新的 TFP 技术，RAMPF 开发了一种制造和工艺解决方案，以解决材料鉴定、作为保证的内置质量和自动化方面的问题。该解决

方案的能力和潜力在航空航天工业的一个里程碑项目中得到了证明，在该项目中，由不锈钢制成的商用飞机部件被转变为几乎完全由碳纤维制成的部件。这导致重量显著减轻——减少了四倍半——而不会增加成本。事实上，由于重量的减轻，客户能够实现额外的运营成本节约。

此外，与使用传统碳复合材料设计方法和材料所需的 75 个预制件铺设工具

相比，只需生产 5 个预制件铺设工具。该部件现在几乎用于所有客机。

这种方法的好处在具有高度几何复杂性结构（下凹、弯曲、凹陷等）和必须满足难度高的功能规格（电磁屏蔽、静电放电、冲击保护、阻燃）的部件制造中尤其明显。通过使用这种方法，复杂的复合材料零件制造成为一种具有成本竞争力的一站式解决方案。

www.rampf-group.com

JEC | 中国区
总代理

线下商务合作伙伴
线上品牌营销推广
助力中国企业
实现O2O海内外双循环

关注官方微信
获取优质行业资讯

一切缘于复材，我们一路相伴

致力打造复材行业整合营销生态圈

ZEN3
洲 | 创 | 集 | 团

ZEN3
EXHIBITION SERVICE
洲 创 展 览

复合材料行业全程供应商

ALL GREATNESS
COMES FROM
A BRAVE BEGINNING
Z PLUS · EXHIBITIONS VISIONS EVENTS

品牌策划服务商

GLOBAL COMPOSITES
ZONE
EXHIBITION

沉浸式交互展示平台
O2O线上线下同步体验

☎ 13681680135

✉ kgwang@zzen3.com

机器人控制的飞机部件密封 处理工艺进入工业化成熟阶段

Bringing Robot-Controlled Sealing of Aircraft Components to Industrial Maturity

经过多年的研发，Broetje-Automation 公司为飞机部件的密封提供了一种工业上成熟的自动化解决方案。该模块化的系统能够安全、干净地执行多样化的密封应用，甚至在复杂部件上。根据应用的不同，可以采用标准机器人或协作机器人系统。

Norbert Steinkemper, VP Communication and Marketing, Broetje-Automation GmbH

飞机结构的密封是飞机制造的核心工艺之一，因为它确保了必要的耐用性，从而保证了飞机多年运行的安全性。因此，为保证密封质量的绝对可靠，对施加密封胶的精度要求极高。到目前为止，这个过程主要是由人工完成的，既费时又需要高度的质量保证，生产效率低下。密封是飞机制造过程中仅次于钻孔和铆接的第二个最常见的人工操作。

有效概念

凭借最新的开发，Broetje-Automation 能够确保以最高的精度和效率自动地施加

密封剂，如图 1 所示。机器人的应用，实现了始终如一的高质量接缝和应用。自动化、连续的过程监控令该系统更加完善。这一全新开发的概念在提高部件质量的同时，可节省高达 20% 的时间和成本。

需要精确应用

由于飞机部件的高度复杂性，实现工业上成熟的自动化密封是一项巨大的挑战。难以接近的曲面和接头必须密封干净且工艺安全（图 2）。同时，航空用的密封剂通常难以处理，在应用前必须尽快混合，并且可能非常粘稠。虽然

如此，部件可以只在为此目的而提供的精确位置得到处理，不允许有污染。

为满足所有这些要求，Broetje-Automation 的密封概念采用了模块化的结构。根据应用情况不同，该系统可以在机器人单元内或者采用小型的协同机器人（协作式机器人，见图 3）自主操作。该系统还提供一个“数字孪生”，它被集成到自动化的数控编程环境 Soul OLPS 中，并能完全模拟工艺过程，从而为未来在数字工厂中使用作好了最佳准备（图 4）。

定制密封类型

为满足全球客户的需求，Broetje-Automation 的技术团队已针对应用的材料而开发出各种末端执行器。该系统可使用聚亚硫酸盐和环氧树脂密封胶，两者都使用预混合筒和“即时混合模块”，可以在密封过程中现场混合多种组分。

通过单独开发特殊的喷嘴，已经实现了以下几种类型的密封：

- 圆角密封（例如用于夹子、纵梁和框架）
- 盖密封（用于铆钉头的密封）；
- 环氧树脂密封（用于复合材料部件）；
- 复杂形状（曲线和连接）。

这项现已发展到工业化成熟阶段的技术，是依靠德国联邦经济事务和能源部（BMWi）的航空研究计划（LuFo）框架内的研究基金奠定的。

www.broetje-automation.de



图 1：由金属和复合材料制成的不同航空航天材料可以精确密封。（所有图片由 Broetje-Automation 公司提供）



图 3：专门为机器人密封设计的末端执行器使用定制的可更换喷嘴，即使在狭窄的几何形状中也能提供最高的灵活性和敏捷性。



图 2：精确的自动化密封应用。



图 4：密封协作机器人。

JEC WORLD

2023 国际领先的复合材料展 巴黎北郊维勒班展览中心

2023年4月25日至27日



参加全球领先的专注复合材料、
技术和生产工艺及其应用领域的国际大型展会。

www.jec-world.events



AOC力联思树脂 我们携手 /



专业专注，持续创新，造就卓越性能

AOC力联思集团是全球领先的高品质树脂供应商，为全球增强复合材料和非增强浇铸聚合物行业供应高品质聚酯树脂、乙烯基酯树脂、胶衣、着色剂、专用添加剂。产品广泛应用在管罐防腐，电子电气，娱乐设施，船艇和海上设施，汽车和轨道交通等诸多领域。

AOC力联思集团美洲区总部位于美国田纳西州科利尔维尔，欧洲及亚洲区总部位于瑞士沙夫豪森，中国区总部金陵力联思公司设于南京，其工厂和研发中心位于南京化学工业园区。

通过分布于全球的制造和物流网络，AOC力联思为世界各地客户供应成熟全面的产品，提供高效服务和定制化解决方案，以及全程供应链管理。

欢迎致电025-85493888，或访问www.aocaliancys.com，详细了解AOC力联思集团的产品、技术、服务和应用案例。



AOC力联思官方网站



AOC力联思中国微信公众号



aliancys