

不连续 LFT 复合材料结构在 航空航天领域的应用

Discontinuous LFT Composites for Structural Aerospace Applications



Vincent Labatut
Stelia 宇航公司
项目主管



James Myers
Greene Tweed 公司
复合材料应用博士

利用复合材料替代金属结构在新型飞机上已经取得了很大的进步,如空客 A350 和波音 787 的复合材料使用量已经超过了 50%。

大型航空航天构件现在常常使用轻质复合材料进行设计,这是由于复合材料具有减重、设计自由度高和使用寿命长等优点。相对于低成本的金属三维复杂形状的构件,例如结构支架、接头、夹子或其他部件,如果采用注塑成型则性能太低;如果采用传统连续纤维复合材料,由于是复杂的几何形状则很难实现(或不可能)。因此,即使现在新型复合材料性能足够高,在飞机上仍然存在很多金属部件。

对于注射成型构件(能够制备复杂构件,但性能低)和传统的单向带或连续纤维编织复合材料(性能高,但结构复杂性有限),非连续长纤维(DLF)复合材料有针对性地解决了替代金属半结构和复杂结构构件复合材料存在的问题,图 1 所示为 DLF 替换金属部件趋势。

在航空航天领域,多数 DLF 应用都集中在轻载或非结构部件。近日,

Greene Tweed 已经成为 Stelia 航空(前身为 Aerolia)和 Latecoere 两大空客飞机结构供应商的动态分包商,正在开展采用 Carbon/PEEK(聚醚醚酮) DLF 复合材料作为主要结构构件应用的合作项目。

该项目由 Stelia 宇航公司领导,在 CORAC (Council For Civil Aeronautics Research) 研发伞下进行, CORAC 研发伞支持在航空领域的研究和开发,工作重点为保护环境和可持续发展。该目标包括 DLF 设计分析、预测分析、零件制造和对选定主结构件的测

试,以达到空客生产应用的技术就绪水平(TRL)。

非连续长纤维复合材料——复杂形状零件的一个可行的替代方案

大多数 DLF 材料是由短切碳纤维增强预浸料单向带制备的设定尺寸的“片”或“芯”。根据不同的产品类型,这种短切材料可以随后以散装(疏松的芯片)或垫(类似于片状模塑塑料,或 SMC)的形式压缩成形。短切单向带制备出的 DLF 复合材料具有以下优点:

(1) 增强纤维含量高(体积含量 55%~62% 或重量比 63%~70%),性能优异,而注射成型的最大纤维含量实际上只有 30%~40%;

(2) 长纤维增强体(最终成型构件中长度达 13mm 或更长);

(3) 能够精确控制树脂含量、纤维单位面积重量和组成材料,UD 带

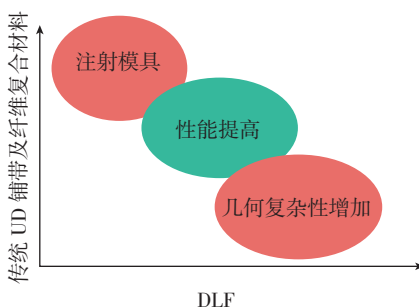


图1 DLF替换金属部件趋势

材料规格和现有 OEM 材料“谱系”具有完整的可追溯性,降低了应用风险。

在航空航天领域应用的复合材料聚合物基体可能是热塑性树脂(通常是 PEEK 或 PEKK)或热固性树脂。Greene Tweed 的 Xycomp®DLF 的产品都集中在 PEEK 和 PEKK 热塑性树脂基体材料方面,主要因为其具有以下优点:

- (1) 热塑性基体韧性高,能够提高损伤容限;
- (2) 热/湿影响小,相对于环氧树脂具有极低的吸湿性;
- (3) 优异的阻燃、低烟、无毒性能,超过了内部应用的所有 FAA、EASA 和 OEM 要求;
- (4) 优良的防火性能,满足 5min 和 15min 烧穿要求;
- (5) 优良的耐典型航空航天流体性能;
- (6) 树脂粘度高,在复材制备过程中能够减少纤维/树脂分离,在构件模塑过程中保证纤维/树脂分布均匀;
- (7) 易于回收,不会造成环境污染。

短切/随机化热塑性基体 DLF 材料在匹配的金属模具中模压,具有生产净或近净形的复杂几何形状组件的能力。一些 DLF 复合材料的主要优点包括:消除逐层切割和叠层操作,材料浪费几乎为零,消除或减少二次加工,和多个金属部件作为单元 DLF 部件重新设计的设计自由度。

DLF 模压成形具有形成复杂特征的能力,例如模制的孔、肋、凸起、角板、法兰,厚度变化、拐角和最小额外处理难度标记的识别能力。此外,随着碳纤维复合材料应用水平的提高,第二金属部件如螺纹刀片,螺母板或衬套等在模压过程中可以合并,在进一步减少制造过程中的步骤数的同时,继续减少重量。

CORAC 开发项目:机身为主要结构组件

Stelia 宇航公司领导的 CORAC 项目主要集中在两个不同的具有代表性的部分以验证 DLF 材料的主要结构新设计,两者都基于空客 A350 机身结构。Stelia 宇航公司生产铝制机身上部连接配件,高负荷起落架阻力由合作伙伴 Latecoere 分析。部分性能和故障预测对于这两个部件非常关键,该项目旨在推动 DLF 应用分析在未来的认证。

Stelia 宇航公司的 CORAC 项目工作重点是用来组装机头机身框架

的主要结构与座舱结构的连接接头,图 2 所示为 Stelia 宇航公司机身框架连接配件。

该项目包括 Greene Tweed 的 Xycomp 碳纤维/PEEK DLF 的材料特性,基于环境和性能要求对 Stelia 宇航公司所选择的组件采用从试样到组件的金字塔测试方法进行测试。其冲击、螺栓孔(拉拔和缺口效应)、湿度、温度、缺陷的影响和疲劳是测试的关键因素。由此产生的材料数据被应用于 Stelia 宇航公司对 Xycomp DLF 材料许用值的数据筛选,以及支持 Greene Tweed 有限元分析。该项目还评估了 DLF 过程影响,比如物料流和工艺可重复性,非破坏性检查技术,以及模拟和预测建模能力。另外,与 Latecoere 合作,分析和表征工作高负载的前起落架托留配件如图 3 所示。

项目最终生产一系列全尺寸的连接接头和阻留演示零件,检查尺寸、物理质量和随后的破坏性测试验证的性能以及精度建模/仿真预测,以验证性能和预测建模/仿真精度。

DLF 材料特性、分析方法、制造准备、质量/NDI 技术、工艺可重复性和产品性能均成功地证明 DLF 材料能够实现在空中客车 TRL5 和其他产品的应用,这也是该项目合作的直接结果。

增长基础

DLF 技术的发展证明,其具有代替复杂形状金属构件且具有成本效益的能力。目前, Greene Tweed 的 Xycomp DLF 零部件生产的重点仍然是不太重要的半结构和二次结构的应用,并已经应用于空客 A350、A380、A320neo、波音 787、747 和 777、庞巴迪 C 系列飞机。这从根本上证明了 DLF 的生产能力,同时正在探讨和验证未来其在航空航天领域要求越来越苛刻的应用。

(翻译 李进松 责编 春早)

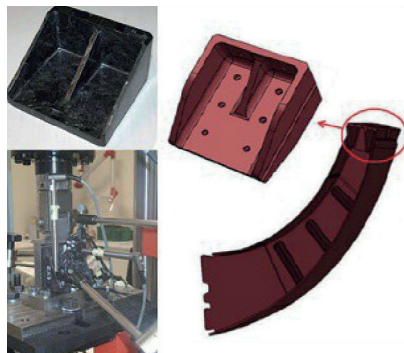


图2 Stelia宇航公司机身框架连接配件

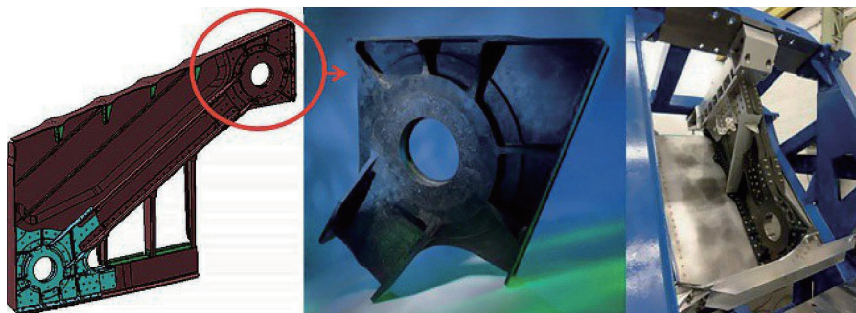


图3 Latecoere公司拖留配件