

复合材料制造模拟技术推动 工艺和设计的创新

Composite Manufacturing Simulation to Drive Process and Design Innovation

ESI集团 Mathilde Chabin



Mathilde Chabin
复合材料事业发展部
产品营销经理

Letov Letecká Vyroba 公司是捷克最早的飞机制造厂，主要为民用飞机和军用飞机研发的制造零部件和分组合件。Letov 于 2000 年加入法国集团 LATECOERE。针对研发和制造民用飞机的复合材料零部件，Letov 成立了一个专用的复合材料生产中心。

Letov 公司目前的项目是为主机厂制造卡箍。卡箍是机身结构中用到的很小的接合件。一个标准的卡箍由 2 个部分组成。为了降低生产成本和重量，Letov 的工程师们探索着研发一种只需简单的一扣，而没有损伤力学性能的集成卡箍。为了完成这一目标，他们使用 ESI 的复合材料成型模拟软件 PAM-FORM 来分析和优化具有复杂形状的复合材料集成卡箍的成型工艺。PAM-FORM

Letov 公司目前的项目是为主机厂制造卡箍。卡箍是机身结构中用到的很小的接合件。一个标准的卡箍由 2 个部分组成。为了降低生产成本和重量，Letov 的工程师们探索着研发一种只需简单的一扣，而没有损伤力学性能的集成卡箍。为了完成这一目标，他们使用 ESI 的复合材料成型模拟软件 PAM-FORM 来分析和优化具有复杂形状的复合材料集成卡箍的成型工艺。PAM-FORM 也被用来优化模具设计。

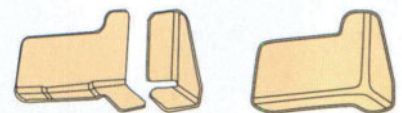
也被用来优化模具设计。

标准形状和集成形状

为了制造这些零部件，工程师们通常使用热压成型方法将复合材料平板件成型成相应形状。“只有高度集成结构的新的设计形式，才能最大程度地发挥复合材料的潜在优势。”LATECOERE 集团 Letov Letecká Vyroba 公司研发部经理 Jose Krena 说，“我们想研发一种模具来制造只需简单一扣的卡箍。”

工程师们面临着 3 个复杂的问题：集成卡箍本身几何开关、使用的复合材料、零件严格的力学性能要求。另外，在折叠过程中存在很大的

风险，以及在制造过程中存在一些别的缺陷。为了达到最初设定的目标和选定最佳模具和成型工艺参数，需要进行很多尝试。为了缩短研发时间，Letov 使用 PAM-FORM 软件评估了多种方案并最终确定了合适的模具和成型工艺参数。



标准形状和集成形状

模具优化

为了选定最佳模具和成型工艺，Letov 的工程师们测量了复合材料零

部件成型中的高温性能。下一步为使用横扫软件设计真实模具的形状,该模具用来成型集成卡箍。PAM-FORM 包含了很多的参数,工程师们可以用这些参数优化模具设计。它允许工程师们通过评估和比较零件折叠、褶皱部分和拉伸内应力确定最佳的配置。模拟还能展示由于模具形状变化而引起的纤维取向的变化,特别是在拐角处,这对最终零件的力学性能影响至关重要。使用 PAM-FORM 软件进行模拟,使工程师们能够设计一个理论的虚拟模型。该模型是他们所能做到最好的,包含了成型模具和零件的形状。

物理模型评估

所有卡箍的物理模型都进行了力学性能测试,包括冲击、疲劳和耐热性能测试。制造单一部分而非 2 个组成部分,然后简单一扣,这显著降低了制造成本,并且还满足了力学性能要求(实际上还有小幅度的提高)。

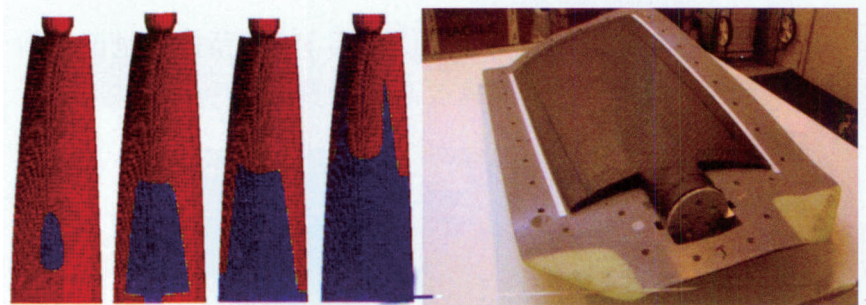
PAM-FORM 成功地应用在卡箍的虚拟模型上,证明了联合有经验的工程师和 PAM-FORM 模拟工具可以非常有效地解决高性能复合材料应用中的问题。“PAM-FORM 帮助我们完成了我们的目标:减重/降低制造成本,并且保持零件的力学性能。另外,通过这个项目给我们提供了更多关于如何优化制造工艺的信息。这些可以应用于其他相似的项目中。”LATECOERE 集团 Letov Letecká Vyroba 公司研发部经理 Josef Krena 说。



基于 PAM-FORM 计算建立的模型

使用 PAM—RTM 注射模拟软件优化复合材料水平旋翼叶片产品的研发工艺

捷克航空研究的检测中心 (VZLU) 为航空业开发和测试了各种类型的零件,例如水平旋翼叶片、工业风机、飞机发动机和卫星装备。研究中心使用了一系列的模拟软件包括完整的设计和研发、检测和证明,以及复合材料领域的制造循环。ESI 的 PAM—RMT 软件模拟树脂在干态纤维增强材料中的注射工艺是这一系列中最为关键的一步。



注射过程中树脂流动前锋预测

水平旋翼叶片注射

在航空业,特别对于水平旋翼叶片,使用复合材料是一个非常有效的减重方法,并且能降低能耗和减少噪音污染。复合材料液体成型工艺 (LCM),例如树脂转移模塑成型技术 (RTM) 或者真空辅助树脂转移模塑成型技术 (VARTM),非常适合制造复合材料叶片。在不用热压灌条件下,就能生产高质量的零件,并且满足水平旋翼叶片特殊的设计参数(例如其他工艺无法实现的无接合和无接缝的夹芯榫结构。为了设计模具和优化树脂流道分布、材料的消耗量和其他工艺参数,VZLU 需要一个可靠的模拟工具,可以直观地同设计和制造工具进行沟通。

“PAM-RTM 帮助我们提高首件注射工艺零问题的可能性。对于改正在制造注射过程中发现的问题非

常有效。”VZLU 复合材料部门研发和制造中心主任 Vilem Pompe 说。VZLU 选择 PAM-RTM 作为当前和将来的研究和开发项目与复合材料飞机螺旋桨和相似的水平旋翼有关。某些项目能够帮助他们的用户选用注射工艺来取代热压罐成型工艺。这能够节约成本,而且在材料种类的选择和设计方法上更具有灵活性。

模具设计模拟——节约成本

典型的 RTM 模具非常昂贵。如果进胶口、出胶口和树脂流道分布不能满足最佳配置要求,模具就可能完

基于 PAM-PTM 计算建立的模型

全不能用。PAM-RMT 让 VZLU 工程师在模具制造之前,先进行优化模具设计;在做实际零件前调整一些工艺参数,例如模具和树脂温度、粘度的影响和凝胶时间等。由于 VZLU 工程师们的业务熟练和非常有经验,并且使用了 PAM—RTM 模拟软件,他们现在能够更加快速和花费更少的经费设计一个新的模具。有了这些经验和掌握了更好的成型工艺,他们能够更加容易地为一些零件例如水平旋翼叶片设计模具。换言之,对每个新的项目他们不必都从零开始起,而且还还可以减少制造成本、模型制造和样件检测时间。

VZLU 作为一个研究机构,致力于保持更好地理解工艺参数,并为用户提供节省时间和资源的解决方案。而避免生产有缺陷的模具是达到这个目标的一个非常有效的方法。

(翻译 郭书良 责编 良辰)