

飞机和直升机结构用 苯并恶嗪组分制备工艺

Benzoxazine Components and OoA Manufacturing Process for Aircraft and Helicopters



Helder Barros
Abreu
Henkel 公司
客户技术服务部



Amol Ogale
Quickstep 公司
首席项目经理

纤维增强聚合物复合材料正逐渐被视为可取代金属材料来做飞行器和直升机组件的耐高温材料。在制备这种复合物的时候,可用树脂的选择是非常有限的,为了开发一种节能、非高压低真空、易实现的制备过程, Henkel 和 Quickstep 研究了一种在室温下储存,容易制备的乐泰苯并恶嗪树脂(Loctite),这种树脂具有高的玻璃化转变温度和出色的热湿性能。

近几年来,树脂传递模塑和真空树脂传递模塑这2种液态树脂的工艺方法发展迅速。学者们非常希望在未来将这两种工艺更广泛地应用到制备航天结构设备中。这样可以免去预浸渍材料的费用,更经济地将那些庞大复杂的器件制造出来。

尽管液态树脂制备过程有很多优势,但可选择的树脂系统会受到粗糙度、高温性能、浸渍条件、浸渍温度下的粘度稳定性、成本效益以及加热冷却的可控性等问题的限制,所以想扩展到主要结构和高温应用方面仍然存在很多的挑战。在 Henkel 和 Quickstep 的研究中,一种苯并恶嗪(Benzoxazine)树脂结合一种快速加热和快速冷却的制备方法,可以在一个非常低的循环次数下产生耐高温的片状和块状的复合材料,关键的力学强度特征已经被测量。该技术后来被应用到一种弯曲的整体加筋板的复合材料中,说明此项工艺可以生

产适用在航空设备上的复杂构件。

高温下的材料性能

环氧树脂、聚酰亚胺、聚氨酯、双马来酰亚胺、苯并恶嗪和氰酸酯等热固性聚合物通常被用来制备高温复合材料。根据应用领域将会选择特殊的材料系统。然而,每一种树脂的制备工艺会有很大的不同,同时需要针对泡沫问题,适用期,选用树脂的粘度、浸渍温度、固化温度来设置工艺。与酚醛树脂的化学性能相关,苯并恶嗪(Benzoxazines)具有出色的阻燃性和非常低的固化收缩性;苯并恶嗪的固化不会释放挥发性的化合物,同时具有更突出的固化材料性能。Henkel 已经引入很多种盈利的苯并恶嗪体系来配合预浸渍材料、胶黏剂和浸渍工艺的使用。本研究,选择乐泰 BZ9130 航空树脂,采用 Quickstep 的快速浸渍工艺。这种树脂关键特征为:

(1) 室温的稳定性,无须冷藏储存;(2) 一个单组分系统,无须加工者混合;(3) 宽阔的处理窗口,适合于大的部分和复杂形状;(4) 浸渍温度下具有稳定性和低粘度;(5) 固化过程有较低的热释放,减少温升危害;(6) 高的热/湿性能为温度应用程序保留了更好的服务;(7) 增强韧性。

环保的制备工艺

当考虑试图免去预浸渍(半固化)和高压过程的时候,预制树脂浸渍技术就是主要的攻克难题。这个新工艺不仅免除了预浸渍过程,同时省去了冷藏,尤其是消除了基体材料的浪费。这种快速浸渍工艺被选来固化层压制品并做示范。这项工艺基于导热原理,也就是利用热的传递流动性使未固化组件适应过程中的热和压力。快速的热能传递到固化基体是这项技术的核心。

传统的模具加热,比如,放在炉子里或者高压锅里,会在模具表面引起温度的不均匀分布。基于流动的快速浸渍的工艺运用快速倾斜升温解决了这个问题。片层上不平均的温度分布同样影响树脂收缩,而且可能引起聚合物形态的改变。这种苯并恶嗪树脂拥有较低的固化温度,相比于传统树脂,可以被快速加热,免去不可控温升的危害。通过倾斜快速加热和有效的能量利用,用流动加热和轻微加压压强达到的快速浸渍的工艺可以在整个表面准确地获得所需的模具温度。这个工艺有利于修改制定固化周期和保压时间,无需担心聚合树脂本身的物理化学性质的影响。结合所选树脂的力学特性,运用面向对象分析方法在整个工艺过程中监测固化和在线温度,使得完成固化层压制件的保压时间被大大缩短。最终,这种工艺在制备过程中会消耗相对较低的能量。另外,成批生产可减少模具,减少机器工作时长

和维护费用等,进而降低生产成本。

一种被验证原型的生产

为验证这种树脂和固化技术不但可以应用在平坦的层压制品还可以应用在更大范围、更大体积的制件上,生产引入了一个用来验证的嵌板(面积近乎 $1m^2$)。这块衬板的表面层由5层组成,每层的每平方公尺质量是370g,由5个六苯乙炔的碳纤维构成,导致每层厚度2mm,在每一层上放置一系列的4个帽子形状或者欧米伽形状的加强筋可移动的模具。这种装配结构被放置在采用快速浸渍工艺固化的操作腔室内注入。

检测纤维体积和层压制件质量

在模具成型固化过后, Henkel 检测了这块衬板。厚度的检测结果在预期范围之内,厚度的预设是考虑到 VARTM 工艺制造的编制结构的衬板的常规厚度来设定的。由于衬

板上帽子形状的加强筋上有干燥的污点痕迹,验证了衬板被注入一定厚度的物质。视觉直观检查表明在整个衬板上没有干燥的区域。运用显微镜分析了切断边缘确定在这块衬板和加强筋上没有视觉本身的空位。

展望

乐泰 BZ9130 航空树脂的处理方法应用于快速浸渍工艺被证明是很适合的,同时,衬板纤维体积分空位率在 55%~57%,这个数据在编制结构的层压制件中算是很高的了。衬板机械方面的评价坚持这个工艺的价值等同或者高于那些已经获得基于炉子使用规范 VARTM 的工艺的价值。Quickstep 的处理工艺提供了更快的加热和冷却系统,对于层压制件,在工艺过程中保持了更统一的温度。这个结果证明了苯并恶嗪浸渍树脂和工艺技术相协同的优势,即理论与实践相结合的优势。

(翻译 李进松 管佳明 责编 春早)

(上接第 62 页)

起皱,能够制备更加复杂的几何形状。

制造和处理时间

为了正确应用局部尺寸和复杂性的影响,两类测量必须使用:可制造性和处理时间的影响。可制造性的测量记录了制备方法和所用的材料体系的限制,而其对处理时间的影响描述了可制造边界内的复杂性和部件尺寸的影响。用于讨论制备方法的两种测量如表 1 所示。处理时间描述了铺层速率,其可以直接从局部重量和可能的铺层速率得到。

结束语

文中描述了用于开发一个通用复合材料结构的成本估算工具的方法。作者强调了当设计复合材料时,研究潜在的节省重量和生产成本之间平衡的重要性。未来工作的重点

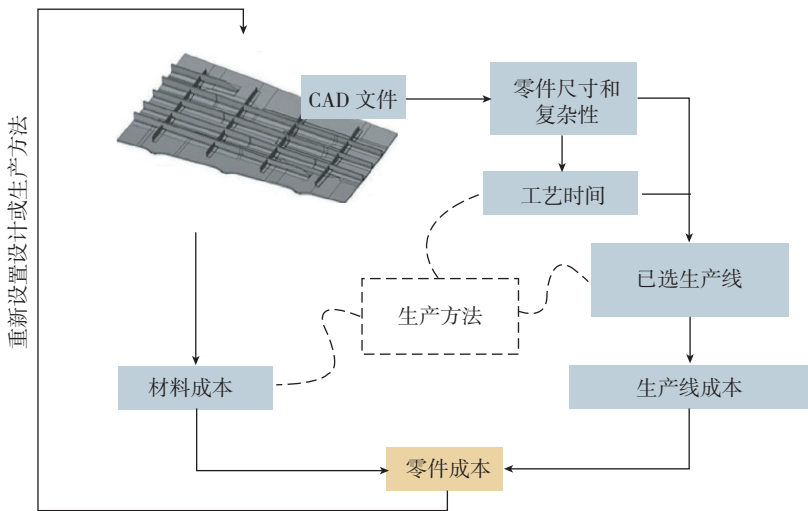


图2 利用其几何形状和复杂性计算的通用结构的零件成本

表1 零件尺寸和复杂性的影响

影响因素	HLU	ATL	AFP
零件尺寸	任何尺寸	大型	中大型
复杂性	高	低	较高
铺层 / (kg·h ⁻¹)	1~2	10~100	2~100

将通过成本估算应用向构件结构发展。该成本模型允许通过一体化的

优势进一步研究共固化而不是组装。

(翻译 刘保平 责编 春早)