

VAP 真空辅助树脂渗透技术

展翅翱翔

要想提高零部件生产过程的质量以及零部件的可靠性，摆脱手工制作的方法，VAP 真空辅助树脂渗透技术就有用武之地了。某超轻型飞机机翼的生产制造过程就充分体现了 VAP 真空辅助树脂渗透技术的优越性，而该技术的基础是用半透膜系统来当作透气性好的“硬质”模型。

文 | Andreas Haensch 和 Stefan Utech

翼展 10.6m 的电动滑翔机 Elias (IABG Acentiss 电动飞机) 是德国 Nesselwang 市 PC-Aero 有限责任公司研发的一种“Elektra One Solar”太阳能供电的飞行器，其重量只有 211kg。但这种超轻型滑翔机是一种高性能的小型飞行器，它在 VAP 真空辅助树脂渗透技术的帮助下采用了碳纤维材料机翼，极大地减轻了飞机的重量，而传统的机翼制造技术不可能减轻这么多重量。

申请了专利保护的“VAP 真空辅助树脂渗透技术”是建立在使用德国 Freilassing 市 Trans-

Textil 有限责任公司“VAP 半透膜系统”作为透气性树脂模具的基础之上的解决方案。这一技术可以避免在树脂材料的生产过程中空气混入到零部件中形成气泡以及反应气体在树脂浇注过程中和浇注后混入到树脂零部件中而产生残次品。模具中的树脂零件也保持着非常稳定的状态。另外，VAP 半透膜也提供了高可靠性的生产过程。

VAP 真空辅助树脂渗透技术的优点不仅是明显地提高了产品的质量，而且还有着很高的经济性。尤其是从手工制造树脂材料

零部件转化到利用封闭的树脂渗透技术生产，并要求保证高可靠性的生产过程时，就需要努力地改进并提高现有的树脂渗透技术，或者补充新的工艺过程与其相结合。在这种情况下，大量工业实践证实了 VAP 半透膜系统支持的 VAP 树脂渗透技术是一种经济性非常好的解决方案。

Elias 滑翔机机翼的生产厂家也证明了 VAP 真空辅助树脂渗透技术比传统的手工制作树脂机翼有着很多的优点。最大的优点是生产过程中参数控制的可靠性和可重复再现性，它减少了费

在 Elias 超轻型滑翔机中，利用 VAP 真空辅助树脂渗透技术生产制造的零部件占了很大的比例。这一工艺技术确保了高可靠性的生产过程和很好的产品质量，与手工制作相比优势明显。



用高昂的手工操作工作量，也避免了工作环境中有有害物质的排放。在此基础之上，Hurlach 市的 Composys 有限责任公司能够经济并高质量地生产出滑翔机的机翼。许多合成材料生产厂家都认为有必要从开放式的手工生产转化到封闭式的机械化生产了。

无需修整即能使两个机翼的重量相同

使用 VAP 真空辅助树脂渗透技术的结果是得到高品质的产品：树脂零部件中的气孔数量减少到最低，可以准确地按照规定和要求使用碳纤维增强材料；在复合夹层中也避免了干斑的产生，因为在生产过程的全部时间内整个零部件的表面都在真空作用下覆

盖着一层膜，这也就省略了树脂零件固化后的修整；结果是达到高可靠性的生产过程和很低的废品率。Elias 的两个机翼在树脂渗透技术处理之后无需修整就有完全相同的重量。即便是面积很大的板形零件和几何形状非常复杂的零件，也可以利用 VAP 真空辅助树脂渗透技术在一个工序中完成。在一次注塑过程中完成增强件的浇注，这样就省略了许多工序，也大大地减少了出现错误的情况，例如粘接错误等。阿奥格斯堡市的 Aerotec 有限责任公司在空客 A350 XWB 宽体飞机的压力舱壁的生产过程中就成功地采用了 VAP 真空辅助树脂渗透技术，他们把所有的纵梁和主体结构一次性浇注制成。



尽管机翼的芯层采用了发泡材料和增强材料，但按照 VAP 真空辅助树脂渗透技术制造的两个 Elias 滑翔机机翼重量完全相同、无需手工修整。

由于浇注树脂前增强用的纺织物是以干燥的形态放入模具中的，因此随时都有校正或重新定位的可能性。在 Nexicos 项目 (Premium Aerotec) 的框架内，某型号直升飞机机身的生产成功地证明，相

五轴加工专家

铝合金 和 钛合金



hbz-trunnion.de

HIGH PERFORMANCE CUTTING



海德曼HBZ Trunnion 系列卧加日臻完善

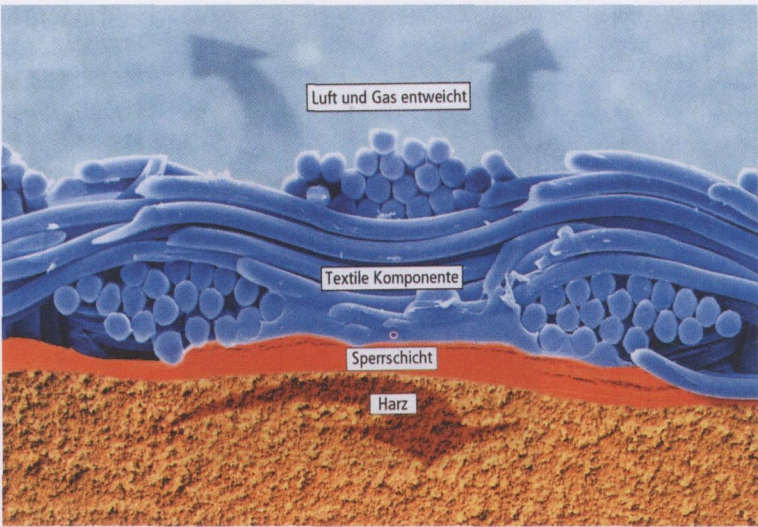
- 三款卧式加工中心展机的工作台直径分别为800mm、1200mm、1600mm
- 高性能卧式加工中心，带有可选的车削功能
- 钛合金和钢加工可选用强大的1,010 Nm / HSK 100A刀柄主轴
- 铝合金加工可选用最大 30,000 rpm / 125 kW主轴
- 可配置柔性化的工作台交换系统



12展厅, D04展位



▲反馈服务编码M2992



VAP 真空辅助树脂渗透技术能够在树脂浇注过程中避免空气和反应气体混入到树脂零部件中，模具中的树脂零件的材料也保持着非常稳定的状态。

成功的 VAP 半透膜和辅助材料都按照手套原则保证了与模腔的匹配，这样就进一步地减少了用户对半透膜片的定位和密封工作量，也减少了可能出现错误，导致废品的根源。

精确的设计确保顺利通过认证测试

在 Elias 项目的框架内，IABG 的子公司 Acentiss 有限责任公司对树脂材料的特性、树脂叠层材料零部件的刚性、强度和结构提出了要求。在保证了规定的增强纤维材料用量情况下就能够实现高质量的产品生产，也能够把生产过程中的辅助工作量减少到最低程度。所需的认证许可测试就是在这高品质结构件的基础上成功地完成的。

最初，VAP 真空辅助渗透技术是为 EADS 集团公司内航空航天技术领域中整体加筋结构件的生产而研发的。在生产像空客 A400M 运输机的壁板、A350 的压力舱板以及直升飞机大型的机体板件时，该技术显示出了明显的优点：生产出来的树脂板材没有气泡，厚度均匀，而且还满足了规定的增强纤维材料用量的要求。高可靠性的生产过程带来的是大批量生产的成本效益。通过在航空航天技术领域之外的 VAP 技术转让使得这一技术在造船、铁路、公路赛车等领域中也得到了广泛的应用。例如其高可靠性的工艺过程成为风力发电机桨叶制造过程中的首选工艺技术。从提高经济性的要求和当前降低生产成本、用最少的单一材料生产零部件和减少工艺、工序的趋势出发，该技术是非常适合中小批量产品生产的工艺技术。MM

比预浸润玻璃纤维强化复合树脂工艺技术，它的成本降低 30% 左右。另外，零件材料的性能和工艺过程的特性也往往对预浸润技术的应用提出了许多限制性要求。而 VAP 真空辅助树脂渗透技术则相反，放入浇注模具中的纺织增强材料是干燥的，因此只要在工艺设计时考虑到这一点，那么利用该技术就会有更多的应用空间，并且带来更高的经济效益。

一个加热炉代替高压釜就足够

灵活的模具方案也极大地降低了采用 VAP 真空辅助渗透技术的投资额。在该技术中，既可以使用半封闭的，也可以使用两侧全封闭的模具，而且也有可能继续使用现有模具，它所使用的“高压技术”可以让用户省略许多设备的采购和运行费用。据 Composys 有限责任公司介绍，在 Elias 滑翔机机翼的固化过程中只需一台加热炉就足够，它的高温部分就足以作为 VAP 真空辅助渗透技术生产的航空航天工业零部件达到最佳的固化结果。

VAP 半透膜系统和其他辅助材料之间有目的的性能匹配和协

调迎合了零部件制造自动化、缩短膜生产时间和降低膜处理成本的要求。VAP 真空辅助渗透技术所用膜的生产厂商 Trans-Textil 有限责任公司不仅把生产的膜与工艺过程变形的要求以及树脂材料系统进行匹配，而且还按照用户的要求依据不同的宽度、预处理或者多层系统提供给用户。

作为一家真空辅助渗透技术关键原材料的许可授权生产厂，Trans-Textil 公司与合作伙伴在“Azimut”项目和“Rock”项目中都成功地按照以对象为主导的原则完成了一整套的 VAP 真空辅助渗透技术原材料的生产。所开发



在生产制造空客 A350 的压力舱盖之前首先要把 VAP 半透膜按照三维形状预制成形，在浇注树脂之后压力舱盖就能保证有符合规定要求的增强纤维材料含量了。