

CPD软件在复材数字化制造中的应用

CPD Application in Digital Manufacturing of Composites

中航工业成都飞机工业集团公司 程勇 罗辑 万力 蒋敏



程勇

硕士学位,研究员级高工,留学回国人员。长期工作在树脂基复合材料成型工艺和复合材料工装方案设计的第一线,对复杂外形复材制件和整体化复材制件制造工艺有深入研究,在复材新设备应用方面有较丰富的经验。

传统复材制件的手工作业生产流程是从产品的设计图纸制作出铺层样板,操作人员依据样板把预浸料裁剪出相应的角度和尺寸的料片。再按照工艺规程,以一定的顺序将各样板逐层定位在工装上,用对应的料片进行铺叠,流程如图1所示。

而数字化生产的理念在于,将所有的流程变成可控、数字量传递、

数字化生产的理念在于,将所有的流程变成可控、数字量传递、可追溯的,不为个人的能力面改变,这意味着相关人员可以明确地知道一个零件的前期处理应该进行哪些步骤,并预测它是否会出现问题或者可能出现什么样的问题,以便进行可靠的分析和模拟。

可追溯的,不为个人的能力而改变。这意味着相关人员可以明确地知道一个零件的前期处理应该进行哪些步骤。并预测它是否会出现问题或者可能出现什么样的问题,以便进行可靠的分析和模拟^[1]。数模和电子工艺文件文档成熟以后,零件制造的基础条件(料片及定位)不会依赖于操作工人的个人水平。任何一个数据都可以知道它们出自哪一个步骤,这对后期问题的定位和解决非常有帮助。另外,所有这些形成的资料都是可重复用的,也满足网络化的基本条件,在未来的发展中极有潜力^[2]。其流程^[3]如图2所示。

Dassault公司的CPD和Vistagy的FiberSim是目前复合材料设计和制造最流行的两种应用软件。国内有相当大的市场占有率。这两种软件各有优缺点,由于国内大部分零件都是在CATIA环境下设计的,CPD可以与零件设计数模无缝连接,便于制造过程使用。

CPD软件的基本工作思路是制造端接收到设计数模后经过解构,分解出各铺层的轮廓和角度,在软件环境下生成料片的下料文件和激光投影文件。通过下料机接口和投影仪接口传输到各自的设备,由图2的工作流程图可以看出,同时由于直接生

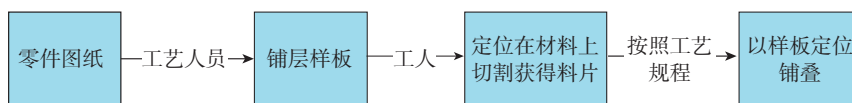


图1 手工作业典型生产流程



图2 数字化生产的典型生产作业流程

成的料片是由下料机数控裁剪的,铺叠时又是自动生成的铺层轮廓,可消除人为的误差。同时由于在铺叠时消除了人工的对位和裁剪,明显提高了生产速度,据生产现场的测算和统计,提高铺叠速率 70% 以上,减少铺层误差 50%。

设计

1 零件信息熟悉

在使用 CPD 进行铺层设计之前,首先需要充分了解零件信息^[4-5],分为图纸和数模两种情况。对二维的纸质图纸来说,主要是熟悉铺层信息(铺叠边界,顺序,角度,材料),通过相关的软件采用逆向建模等方法来生成近似的数字量文件,该过程中存在一定的误差。如果接收的是数模,则可直接生成相关的文件。下面主要介绍数模的情况。

数模中需要注意的几何特征包括工装型面、铺叠基准面、零件绘图基准面、铺层轮廓集合、零件坐标系、全局坐标系。对于面积较大的零件,其工装型面与铺叠基准面有可能不一样(考虑热膨胀与回弹),零件绘图基准面可以帮助快速地建立 ZONE 区域,铺层轮廓集合可以了解每层的形状,零件坐标系用于建立零件模型(其中 X 轴为纤维 0 度方向,Z 轴为默认铺叠方向),全局坐标系用于输出激光投影仪控制文件。

2 铺层设计

铺层设计,即按照工艺要求,以规定的顺序,将铺层逐层建立在铺叠面上,使之在结构上与零件数模匹配。CPD 提供 3 种设计的方式:Ply, Zone 和 Grid。其中最常用的是 Ply 和 Zone,这两种方式各有利弊。对于结构清晰、容易划分区域的零件,

Zone 的设计方式可以很快地完成工作,一旦设计好区域及在区域内的铺层参数,大量的工作都可以由计算机自动完成,不足之处在于,如果后期有设计改动,哪怕只是其中一层的一点点形状改变,也会要求重建整个区域。Ply 的方式则更具体直观,并且适用于几乎所有类型的零件,设计师几乎是在虚拟平台上独立完成整个真实的铺叠过程,可以对各个位置的情况都比较了解,可以适应大量的变化,仅仅需要修改变化的层就可以解决问题,但该方法的缺点是设计过程繁琐复杂,需要较长的时间。Grid 方式利用网格的形式来建立铺层,目前应用还很少。

制造数模的建立

制造数模,意味着通过该数模我们可以得到加工一个零件所需要的一切信息和数据,这些数据都是可以生成并导入数控设备运行的。在这个阶段中,主要的工作是按工艺要求切割料片、按分析结果调整切割线或者增加剪口。造成料片切割的主要原因有两个:第一,铺层的宽度或长度大于原材料的宽度或长度。第二,将料片裁割成为合适的形状以节约用料。切割线有两种方式创建,其一是自己按需求在曲面上直接绘制。这种情况适用于搭拼接要求复杂或者使用非直线切割的工艺,设计师可以自己选择合适的形状去创建曲线,以避免某些直线难以绕过的非切割区域,创建时需要时刻注意切出的料片(通常是较为复杂的形状)能否在下料机中切出来。另一种则是使用 MWLG(Material Width Lines Generator)来生成,这个功能根据参数设定中的材料宽度只能自动生成

直线,应用于搭拼接要求比较简单的情况。

1 Surface Swapping 曲面置换

曲面置换只针对设计曲面与制造曲面不一样的情况,需要将线条转换时设计的。它的本质其实就是选项为 Normal 的投影操作,明白了这一点后,就很容易理解为什么有时 Surface Swapping 并不会按照设计的思路去做事情。如果参与置换的两个曲面都是比较平缓的,那么执行就不会有太多的问题。

2 Material Excess

这是一个非常实用的功能,但对铺层线条的设计提出了比较高的要求,Material Excess 的作用是将所有与工程零件边缘线(Engineer Edge of Part)相切的铺层轮廓线都自动地扩展到制造零件边缘线(Manufacturing Edge of Part)。需要注意的是,EEOP 也许并不是哪一个具体的铺层的轮廓,而是数个铺层轮廓的并集,虽然这种情况很少。ME 功能虽然大大的减少了制造数模设计人员的设计时间,但对零件设计人员来说,他们必须在选取铺层轮廓时使用统一的规范,大量使用 TRIM 和 CUT 来获得自己想要的曲线,并且有时不得不在曲面上做图,而非绘图平面上。因为曲面的存在,有可能使轮廓在被投影时并不圆滑,最终造成铺层轮廓并不与 EEOP 相切的情况,这时将比较难修改,因此那些习惯于在平面上逐层绘图然后一次性投影的设计人员就很容易给制造数模设计人员带来困扰。

3 切割

在完成切割曲线的创建以后,CPD 提供了 3D-SPLICE 功能对料片进行切割。当选择了需要裁割的铺层和切割线后,需要另外两个参数:Staggering Value 和 Overlap Value。

如果将 Staggering Value 设置为“0.5in”,Overlap Value 设置为“0.2in”,那么生成的铺层如图 3 所示。

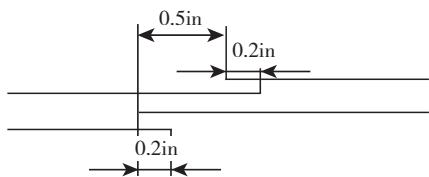


图3 切割参数的选择界面

因此,两层间搭接位置的最小距离的计算应该是 Staggering Value -Overlap Value。3D-splice 处理搭接的方式是靠平行线段来完成的,运行的效果很大程度上依赖于切割线段的形状以及在曲面上的位置。通常来说,Parallel 功能无法执行的曲线,3D-Splice 也多半无法执行(如图4)。

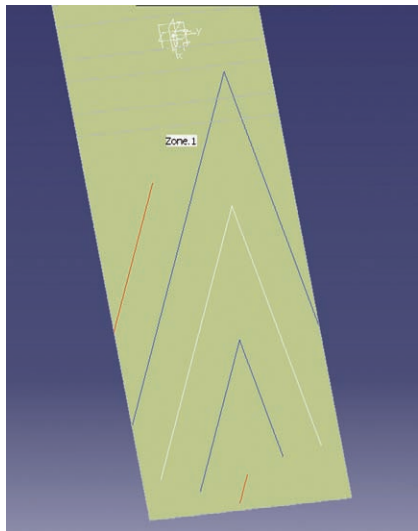
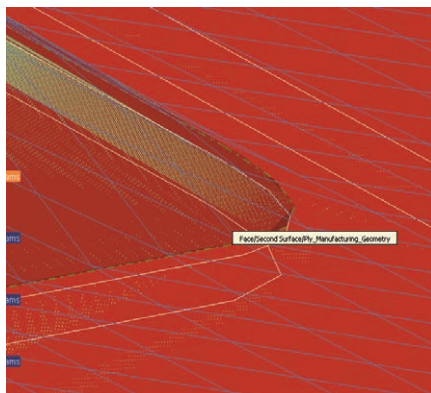


图4 特殊曲线

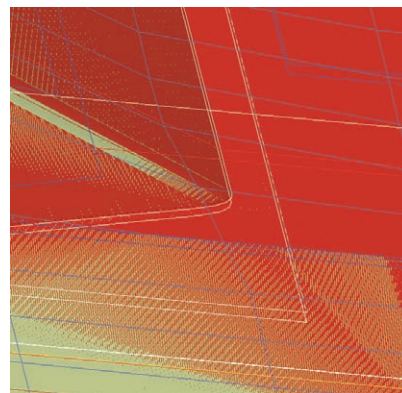
以白色切割线为基准。如果 staggering value 设置为 9mm,则结果为兰色的折线,这时切割是没有问题的,而当 staggering value 为 18mm 时,平移线开始出现变形和缺失,这时的 3D-Splice 也就无法运行了。

切割的时候如果遇到问题,可以尝试以下步骤:

- (1)用相反的方向进行搭接,即点击一下 reverse direction 选项;
- (2)改变搭接值;
- (3)将切割线调整,尽量不要挨着曲面的边缘,尽量规则。



(a) 取值“0.1in”



(b) 取值“1in”

图5 不同warp & weft取值时的分析结果

4 分析及展开

分析的作用是以网格的形式判断所生成的料片在做曲面展开的时候何处有问题,用3种颜色来表示。红色区域表示褶皱,黄色区域表示紧绷,兰色区域表示平整。分析的本质是使用样条差分法来近似的过程,所以调整 Producibility 中 warp 和 weft 两个参数以及 seed point 可以改变分析的结果。得到一个优秀的分析结果是展开精确图形的先决条件。经验数据表明,对于各种不同复杂程度的曲面,如果曲面较为平缓, warp&weft 值设置在 2~5mm 之间,如果有较多的直角区域, warp&weft 值设置在 10~20mm 之间。

对直角区域的分析,取值为“0.1in”时的分析结果,如图5(a);取值为“1in”时的分析结果如图5(b)。

可以看出直角区域被扩大的样条线避开了,用斜线近似地逼近了真实的折线。因此在分析的过程,首先应该熟悉铺层在数模中的结构,然后采用最大直角边长度两倍的 warp&weft 值来做分析,可以取得较好的效果。

剪口的功能目前 CPD 还只提供了 V 形口,而且需要用户自己创建 V 形口的点和曲线。在 R17 版,SP1 的 CPD 中,已经提供了 linear 类型的剪口,同时制造性分析中也增加了 seed

line 的方式,更适合环形和柱形零件。

结束语

通过对 CPD 软件在实际生产过程中的应用,可以发现:

- (1)对于复合材料这种柔性材料的模拟,关键是对曲线和曲面的建立,良好的曲面曲线构建技术可以使模拟达到事半功倍的效果;
- (2)模拟分析过程作为原始数模到数控文件的一个中间过程,它的分析准确性非常重要,在理清整个流程和应用方法后,如何使模拟分析更加准确真实必将成为一个新的研究方向。

参考文献

- [1] 廖英强,苏建河,柯善良. ANSYS 在复合材料仿真分析中的应用. 纤维复合材料,2006(1): 63.
- [2] 石建军,吴东辉,迟波,等. Shell91 单元在复合材料蜂窝夹层结构分析中的应用. 纤维复合材料,2006(3): 40.
- [3] 梁晓慧,张维,何卫平,等. 基于模糊控制的生产过程控制研究. 航空制造技术,2010(9): 85.
- [4] 世冠公司. 世冠 AMESim 多学科复杂系统建模与仿真平台. 航空制造技术,2008(10): 103.
- [5] 法国 Missler 软件公司北京代表处. 专业软件提升效率-Topsoli 2008 新功能. 航空制造技术,2008(10): 104.

(责编 晓立)