

飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切技术

Flexible Clamping and CNC Milling Technology of Aircraft Skin

中航飞机西安飞机分公司 张新娟 段雪锋

[摘要] 针对飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切技术,主要是一种蒙皮类零件数控加工轮廓的铣切方法研究。飞机蒙皮类零件数控加工铣切轮廓时的典型特点为零件薄、曲率大、易振颤。解决振颤的措施主要有防振颤装置和特殊的数控铣切方法。最后,对飞机蒙皮零件的镜像铣加工技术进行了简单介绍。

关键词: 飞机蒙皮 柔性装夹 数控铣切 振颤 镜像铣加工

[ABSTRACT] Flexible clamping and CNC milling of aircraft skin is described, method of a skin part profile CNC milling is mainly focused on. Thin skin, big curvature and easy vibration are the difficulties that happen during machining of aircraft skin profile. Vibration-proof device and special CNC machining methods are used to overcome vibration. At last, mirror milling of aircraft skin is also introduced.

Keywords: Aircraft skin Flexible clamping CNC milling Vibration Mirror milling

DOI:10.16080/j.issn1671-833x.2015.S1.042

随着现代飞机制造业以及飞机钣金制造技术的发展,新一代飞机中大量采用了大型蒙皮。飞机大型蒙皮的典型特点为形状复杂、尺寸大、刚性小、易变形。飞机大型蒙皮在制造过程中具有成形、数控加工、检测难度大等特点,对飞机大型蒙皮采用数字化制造可以在很大程度上降低成本、提高加工效率,更重要的是能够保证飞机大型蒙皮的加工质量^[1]。

目前,随着数控加工技术、飞机设计技术的飞速发展,原先采用手工切割的飞机大蒙皮零件现逐步采用柔性装夹及五轴数控铣切轮廓。

飞机蒙皮化铣加工工艺,由于化学污染、耗电量以及消耗铝材无法回收等固有弊病而成为该行业的一项困扰。要成功地解决这个问题,目前的途径为蒙皮镜像铣工艺。蒙皮镜像铣工艺其优越性已被空客使用验证。在国内中航洪都公司已安装到位1台蒙皮镜像铣设备。蒙皮镜像铣工艺,具有逐步取代化铣加工工艺的趋势。

1 飞机蒙皮零件的柔性装夹

五坐标钣金轮廓铣设备为五坐标龙门高速数控钻铣床与柔性托架集成的先进设备。该设备主要用于飞机铝合金材料的蒙皮、壁板、整流罩、前缘等零件的五轴铣边、钻铣孔高效数控加工。柔性托架作为机床的工作台和支撑吸附夹具使用,五坐标龙门高速数控钻铣床与柔性托架在硬件和软件上均为标准模块化的兼容配套。整套设备按被加工零件的三维数模编程,随后将被加工零件支撑、吸附、固定在柔性托架系统上,运行零件加工程序,完成整个零件的铣边、钻铣孔,完成蒙皮类零件的数控加工工作。

1.1 柔性立柱的真空吸附

柔性夹具的主要功能是提供必要的硬件和软件,在空间精确地对系统真空吸盘和末端受动器定位,受动器是通用支持夹具和工件的接触点,无论是单曲面还是复杂轮廓的蒙皮,柔性夹具都能装夹。只有在固定好蒙皮零件后,操作者通过设备对工件进行铣、钻、下料或切边加工。用1个多轴控制系统来实现上述任务。柔性夹具基本上是模块化的,包括数个在X轴向移动的排架,排架的具体数量要取决于每个项目的具体要求。每个排架包括数个在Y轴方向移动的支撑杆,当然支撑杆的数量也要根据每个零件的实际要求确定。每个支撑杆在Z轴方向垂直移动。末端受动器和真空吸盘位于每个支撑杆的顶端。通用柔性夹具由一种型面的配置到下一个型面的配置仅需2min或更少的时间。图1所示为五坐标钣金轮廓铣设备正在加工零件。



图1 五坐标钣金轮廓铣设备

Fig.1 Five axis sheet metal CNC outline milling machine

真空吸盘的最小吸附面积是由真空吸盘直径配置所决定的。柔性夹具提供2种直径尺寸的真空吸盘。设备配备100mm(4")直径的真空吸盘,同时也配备60mm(2.33")直径的真空吸盘。吸附单元最小倾斜角度是在任意方向 45° 。吸盘的最大真空吸力为90kPa。吸盘上设有1个真空入口,在底部与真空站相连,用于显示吸盘内是否抽真空。这些信息会被集中到操作者PC控制台上,那些不使用的真空支撑杆将完全退回其零点位置,并被切断真空。

支撑杆上的可编程的点与包含着真空吸盘的球体的中心是一致的。这个点就是吸盘与工件的接触点。这样就实现了旋转中心点固定,当承载工件时,无论吸盘的方向和倾斜的角度如何变化都可适应工件外表面,所编程的点,也就是真空吸盘和工件所接触的点都保持不变。每个支撑杆都有真空传感器,这样,在某个支撑杆因故障而没有与工件接触的话,可以通过特殊的显示来通知操作者。柔性夹具可以自动监控柔性装夹和真空吸盘的工作状况。具备故障报警功能,并可显示故障位置和类型^[2]。

在卸下已经加工完的工件时,真空系统被切断,并转成压力空气。同样的真空中就会产生气流,通过在工件和夹具之间产生气垫来帮助操作者卸下工件,这样使得移动工件非常方便。在装夹工件时,采用同样的步骤,以便尽可能地简化工件的装夹。

1.2 五轴定位器的法向定位

柔性装夹时通常采用2个参考点定位器,用来在柔性夹具中对工件定位。定位器装在1个面板上,该面板装在柔性夹具的2个或3个支撑杆上。在面板的顶部,设定好定位器。定位器有2个轴向的手动运动能力,C轴和A轴,在每个轴上都带有精确的量规,以便操作者把销子按照正确的角度对准蒙皮的参考点。C轴的角度



图2 五轴定位器

Fig.2 Five axis reference point locator

度调节范围 $\pm 180^{\circ}$,A轴的角度调节范围 $\pm 45^{\circ}$ 。此面板有1个校正孔,操作者可以用这个孔来测定实际的定位器的位置和编程的偏差。图2所示为五轴定位器。

2 飞机蒙皮零件的数控铣切

目前,随着数控加工技术、飞机设计技术的飞速发展,飞机上大蒙皮零件原先是手工切割,现这些大蒙皮零件采用柔性装夹及五轴数控铣床来铣切轮廓。在数控铣切过程中,出现的主要问题为蒙皮零件易振颤及飞边无法吸附。

如何使蒙皮零件能够顺利铣切,解决蒙皮飞边振颤、打刀现象,主要有2种途径。一种是防振颤装置,另一种是蒙皮类零件柔性装夹后特殊的数控铣切外轮廓的方法。

防振颤系统,应用于较薄的壁板工件进行切边加工,为了避免切边过程中出现壁板的震颤,设备配备了1套防振颤系统。该系统完全的集成在主轴头上,其目的是避免在对薄壁板工件进行铣切时发生振颤。该系统安装在主轴鼻端处,该系统由1个浮动支撑和1个可编程控制压力的压脚组成,该系统可在铣头加工时在另一侧支撑工件面板,并随着铣头移动。同时还配有1个可插补的辅助轴,跟随工件轮廓移动。图3所示为装在机床主轴端面的防振颤装置。

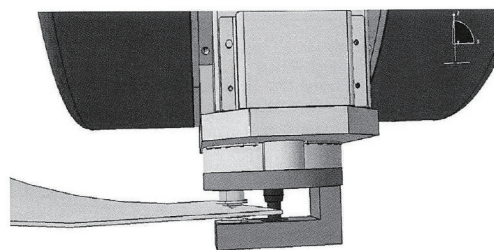


图3 防振颤装置

Fig.3 Anti-vibration system

蒙皮类零件柔性装夹后特殊的数控铣切外轮廓的方法:当蒙皮零件吸附在柔性托架上时,在蒙皮飞边上均匀的加工出缺口,铣蒙皮外轮廓时,飞边会一小块、一小块地掉下来,从而可使蒙皮零件顺利铣切掉飞边。保证了蒙皮零件的加工质量和效率。本方法的优点在于高效解决飞机蒙皮(在柔性夹具上)数控铣切轮廓振颤及飞边打刀的问题。

3 飞机蒙皮零件的镜像铣加工技术

飞机蒙皮零件在化学铣切加工之前,首先需要在表面涂敷一层保护胶AC850/CP90,然后使用样板或激光刻型机在零件表面刻型,并去除需要进行化铣加工表面

的保护胶,最后在化学铣切槽中进行腐蚀加工。多个化铣台阶的,需要多次化铣,整个化铣工艺周期长,需要大量的人力配合,化铣槽液昂贵,用过的化铣槽液环境处理成本极大。

化铣加工质量制约因素多,如零件材料、化铣样板、刷胶质量、槽液状态、工人技术水平等,化铣质量不易控制,表面缺陷多,加工尺寸精度不高,尺寸公差、厚度公差根据蒙皮铣切量的增加而增加。

随着数控加工技术的飞速发展,铝合金蒙皮零件的表面铣切技术日益成熟。数控程序的好坏决定了表面铣加工质量的高低和制约因素的多少,且机床采用柔性化设计,可靠性、精度指标和动态性能都远远超过现在数控机床的要求,采用超声波厚度在线控制装置确保零件的加工精度。加工精度可达到化铣尺寸精度的 5 ~ 10 倍,且加工表面质量优越^[3]。

蒙皮机械铣切的加工难点不在于机床本身,而在于蒙皮零件装夹和加工支撑。蒙皮是薄板零件,在刀具对蒙皮夹持点之间的悬空区域,特别是较薄蒙皮施加切削力时,该部位蒙皮会不可避免地发生颤振,使铣切的深度和粗糙度无法控制,达不到下陷区厚度的要求。

在镜像铣系统(Mirror Milling System, MMS)中,数控刀具和无划痕支承头分别位于蒙皮左右两侧,沿蒙皮曲面镜像对称移动,始终进行点对点法向支承和铣切,保证加工部位有足够刚性,无颤振,从而实现加工深度的精准控制。一次装夹完成成形后蒙皮的全部加工(铣不同形状及深度的凹腔和内外轮廓)。图 4 所示为蒙皮镜像铣原理。

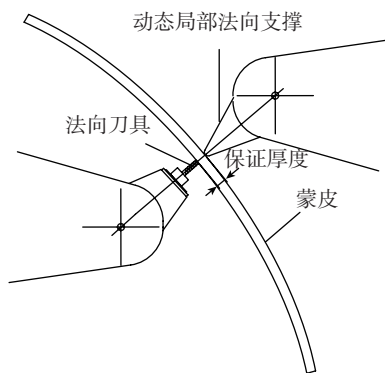


图4 蒙皮镜像铣原理
Fig.4 Skin panel mirror milling principle

目前,世界上生产镜像铣设备的厂家主要有 2 家,分别是西班牙 M.TORRES 公司和法国杜菲工业公司(Dufieux Industrie)。这两家公司的蒙皮镜像铣设备的优越性都已被空客使用验证。蒙皮镜像铣加工工艺具有逐步取代化铣加工的趋势。

4 结束语

飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切、镜像铣切代替传统的化铣加工工艺、手工切割工艺,可以简化蒙皮加工的工艺流程,可显著提高蒙皮的生产效率和加工质量。飞机蒙皮零件的柔性装夹及数控铣切、镜像铣切是当今飞机大型蒙皮零件数字化制造的关键技术,也是蒙皮零件数字化制造发展的主流方向。

参考文献

- [1] 郑联语,汪叔淳.薄壁零件数控加工工艺质量改进方法.航空学报,2001,22(5):424-428.
- [2] 甄瑞,周亮,高栋.飞机蒙皮加工柔性夹具系统的研制.机械制造,2009(11):80-82.
- [3] 张彤.飞机蒙皮厚度精确加工的最新技术——以数铣替代化铣的绿色加工工艺.教练机,2011(4):26-30.

(责编 深蓝 亿霖)

(上接第 41 页)

用 VC++6.0 工具建立一个基于单文档的工程之后,它会自动创建 5 个类:一个主框架窗口类(CMainFrame);一个名字以“App”结尾的类,是主要应用程序类;一个名字以“Doc”结尾的类,是文档类;一个名字以“View”结尾的类,是视图类;还有一个类是帮助对话框类(CAboutDlg)。单文档界面只有一个文档类,但可以有多个视图类,在默认建立的工程中只有一个视图类,要实现多视图,需要在工程中添加新的基于不同基类的视图类。CSplitterWnd 类提供了一些切分窗口的函数,使窗口具有多个窗格,每个窗格中可以使用一个 CView 类或者 CView 类的派生类,从而在一个文档中实现多个视图。软件界面中左半部分主要用到 CTreeView 派生出的类,右半部分主要用到 CFormView 派生出的类。软件处理的数据为后台 Access 数据库的数据,Access 数据库中基础数据与切削参数的数据结构及关系如图 2 所示。

3 结束语

该切削参数数据库及切削参数优化计算软件安装简单,使用方便,已经在某起落架厂及中航工业制造所进行试应用,不但具有切削参数数据库的功能,而且能对切削参数进行较为科学的分析评估及优化,使数据库具有专家功能,对工艺技术人员选择刀具、设备,评估切削力及切削功率很有帮助,在生产实践中可以对工艺技术人员平时的工作经验进行有效的积累,进给速度优化功能还能提高加工效率。本软件还能满足生产管理人员的工作需求,对设备、刀具、切削液等进行管理。

(责编 玲犀)