

超长薄壁结构件的复合加工技术

Complex Machining Technology for Superlong Thin-Wall Structure Part

西飞国际数控中心 田 辉



田 辉

硕士研究生, 现任西飞国际数控中心高级工程师, 长期从事大型航空结构件高效加工技术研究, 在研课题“C919 主起接头的高效加工”等。

随着航空制造技术的飞速发展, 在现代飞机设计中, 整体机加铝合金薄壁零件的应用越来越广泛, 从框、梁、地板到壁板都大量采用整体机加薄壁结构。整体机加薄壁零件有许多优势, 它既可以减轻结构的重量, 提高飞机的有效载重, 同时也可以增强结构强度, 减少连接件数量, 提高飞机的疲劳寿命, 提高飞机的承载重量, 极大地满足现代飞机设计的要求。但是超长薄壁结构件由于其结

超长薄壁结构件加工是飞机大型结构件研制中面临的普遍难题, 特别是由于弱刚性引起的结构尺寸协调性、加工后的变形、表面质量等问题, 严重影响零件研制, 关系到整个飞机项目是否能够顺利推进, 必须引起高度关注。复合加工技术的应用能够有效减少工序的流转以及装夹切换对加工精度及效率造成的不利影响, 因此, 应当根据飞机结构设计的变化, 不断探索最有效的加工手段。

构刚度低, 加工工艺性差, 在切削力、切削热、装夹力作用下易发生加工变形、切削振颤等现象, 很难保证加工精度和表面质量的要求, 是飞机研制中普遍存在的难题。

超长薄壁结构件的工艺特点

薄壁结构件是飞机上一类典型结构件(图1), 其主要特征是指零件的大部分结构厚度尺寸相对于整体结构尺寸非常小, 例如, 波音737-700垂尾肋类零件, 大部分结构壁厚尺寸在1~3mm之间, 其长度与壁厚比约为1000:1, 为典型的薄壁结构件。而超长薄壁结构件, 除了具备薄壁结构件的特征外, 还具有长度远远超出常规尺寸的特点, 由此也带来新的加工难题。例如大型的飞机翼梁、地板梁类

零件, 长度从几米到十几米。

薄壁类零件的典型特征在零件上主要体现在缘板、立筋、腹板等部位。薄壁类零件是飞机的主要机加结构件, 大多数零件都采用比强度较高的铝合金, 如7050或7075系列铝合金预拉伸板材。超长薄壁结构件具有以下工艺特点:

(1) 零件大部分结构为弱刚性薄壁结构, 在切削的过程中缺乏足够的支撑强度来抵抗切削力的影响, 局部变形、让刀、振颤等现象的发生, 影响了尺寸精度及表面质量。

(2) 材料去除量非常大, 结构复杂, 具有一些不利于加工的闭角结构和不开敞结构, 制约了加工效率。

(3) 零件整体抗变形能力弱, 容易在装夹力、内应力作用下产生较大

的整体变形。

(4) 零件容易受环境温度、切削热等因素影响,造成较大的尺寸变化和结构尺寸的不协调。图1中为A380 超长机翼壁板加工设备。

复合加工技术在超长薄壁结构件加工中的应用

复合加工的理念主要体现在将多种工序和多种工艺方法尽可能集中在一次装夹状态下来完成,所以零件经过一次装夹后基本可以完成全部或绝大部分加工,这样不仅减少了零件的装夹次数和辅助时间,提高了生产效率,同时也减少了人为造成的误差,提高了零件的加工精度。

由于近年来飞机零件设计的整体化趋势,零件结构趋向于复杂化,原来需要多种类型设备、工具、工艺

保证是十分不利的,因此需要尽可能缩短工序的流转。

(2) 基于加工效率的要求。超长薄壁结构件一般加工较为复杂,周期较长,往往会制约飞机项目的研制进程,因此要尽可能避免过多复杂的工序带来的不确定性。

(3) 基于经济性的考虑。飞机零件的研制阶段具有投入高、批量小的特点,尽可能利用已有资源、节约成本是基本原则,这也决定了复合加工技术的应用价值。

飞机零件加工中复合加工的应用主要通过工艺方法的集中来实现,

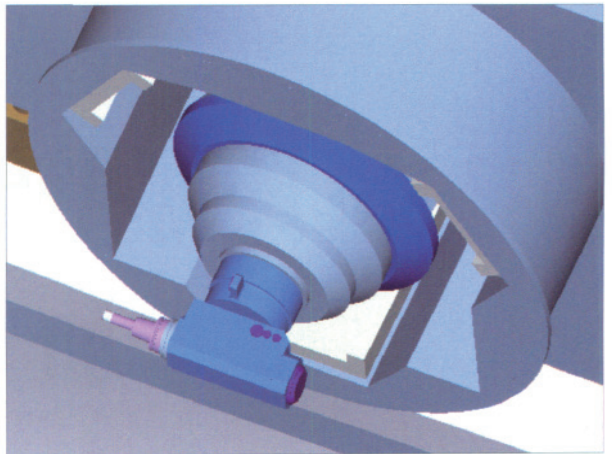


图2 一种虚拟轴机床的可换角度主轴头

加工就必需考虑设备的低速性能以及在直线轴运动或摆角运动状态下的精度水平。三是特殊工具及设备的应用拓展了复合加工的范围。例如,图2为一种虚拟轴机床的可换角度主轴头,它大大拓展了设备的可加工角度范围,使一些十分复杂的结构能够在—个工位下完成。此外,刀具的特殊设计也是实现复合加工应用基本方法。例如,特型铣刀、复合刀具、模块化刀具就是针对一些复杂结构或多类型加工而采用的形式。

当然,复合加工的应用不止是工艺方法的集中,而是在确保加工质量以及经济性的前提下,实现高效的加工过程。面对飞机类零件变化的新趋势,复合加工的应用必然有更广阔的空间。

结束语

超长薄壁结构件加工是飞机大型结构件研制中面临的普遍难题,特别是由于弱刚性引起的结构尺寸协调性、加工后的变形、表面质量等问题,严重影响零件研制,关系到整个飞机项目是否能够顺利推进,必须引起高度关注。复合加工技术的应用能够有效减少工序的流转以及装夹切换对加工精度及效率造成的不利影响,因此,应当根据飞机结构设计的变化,不断探索最有效的加工手段。

(责编 小城)



图1 空客A380超长机翼壁板加工设备

方法的简单零件集成到—体,这给零件的加工提出了更大的挑战,这主要体现一些特殊的结构、有严格装配关系要求的结构,如半封闭状态下的孔、槽、型腔,同轴孔组等。

飞机零件加工中复合加工理念的采用主要基于3个方面的考虑:

(1) 基于精度的要求。特别是对超长薄壁结构件来说,由于零件变形的因素,多次的装夹切换对精度的

关键是处理好特殊结构、有严格装配关系要求的结构加工策略。首先是工艺方法的设计,在精加工阶段,这些关键的结构尽可能在零件刚性较好的状态下优先加工;同时,依据这些精度结构的设计基准优先选择加工定位基准。其次,多类型工序的复合必需充分考虑设备的能力和精度。例如,将高精度同轴孔组的镗削加工与结构铣削加工集成到—个工位下