

浅谈蜂窝芯零件的数控加工

Brief Analysis on Digital Manufacturing of Honeycomb Core Parts

中航工业西安飞机工业(集团)有限责任公司 张菊霞 田卫



张菊霞

毕业于华北航天工业学院机械设计与制造专业,从事铝合金等金属零件的数控加工 10 年,现主要从事各种复合材料零件的数控加工。

随着材料科学、制造技术的蓬勃发展,复合材料零件由于具有重量轻、韧性好、强度高优点,在能源、建筑、航空、航天、船舶等领域中被广泛地应用,在飞机制造业中的应用尤为突出。复合材料应用的多少已经

成为飞机先进程度的重要标志。常用的碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维等复合材料零件分为层压类和夹层类。其中夹层类零件是由 2 层薄的高强度板材作为面板(或称蒙皮),由一层低密度材料作中间层(或称夹芯层),通过胶粘剂使二者粘合成的一种层状结构^[1]。夹层结构芯层的材料和结构形状有多种,航空上常用蜂窝结构和多孔的泡沫塑料。本文主要介绍蜂窝结构中蜂窝芯的数控加工。蜂窝芯可以制成各种形状的零件,其夹层结构的刚性使得它在要求结构扰度小且重量最轻的应用方面十分吸引人,例如飞机机头雷达罩、机翼前缘和后缘面板、机身地板等,这就对蜂窝芯的数控加工提出了更高的要求。

蜂窝芯可以制成各种形状的零件,其夹层结构的刚性使得它在要求结构扰度小且重量最轻的应用方面十分吸引人,例如飞机机头雷达罩、机翼前缘和后缘面板、机身地板等^[2]。这就对蜂窝芯的数控加工提出更高的要求。

常见蜂窝芯类零件的结构和尺寸特点

蜂窝芯是一种采用铝箔、织物或纸质材料(芳纶纸)等通过胶接加工的六边形或矩形格子形状的轻质芯材,铝箔或芳纶纸的厚度仅有约 0.03~0.07mm,六边形格子的边长一般在 2.5~14.7mm 左右。蜂窝是轻质材料,质量的可选设计范围较宽,变化蜂窝的格孔大小、壁厚和浸渍树脂的含量,可以得到不同密度的蜂窝。常用的蜂窝芯有铝蜂窝芯和 Nomex 蜂窝芯。随着制造技术的飞速发展,蜂窝芯应用率的扩大,蜂窝芯零件的结构和尺寸也发生着很大的变化。

飞机的蜂窝芯零件,按其型面特征不同分为平面类和复杂型面(楔形

面和复杂型面)两大类。其中复杂型面类蜂窝芯零件使用得越来越多。

1 平面类

平面类蜂窝芯零件主要指两面均为斜平面的楔形零件或中间为平面、四周边缘为倒角的零件。等厚度蜂窝芯零件典型应用在中外翼后部上、下面蜂窝夹芯翼板和外翼后部上、下面蜂窝夹芯翼板等部位。

2 复杂型面

楔形型面蜂窝芯零件(两面均为单曲面),典型应用在减速板、水平尾翼的调整补偿片后段蜂窝夹芯件等部位。

复杂型面蜂窝芯零件主要是两面均为大曲率双曲面、设计出各种形状的下陷和凸台等零件,其典型应用在飞机机翼后缘、扰流板、唇口等零件部位。

以上2种结构蜂窝芯零件的尺寸大小不一。小的零件长宽仅有几十毫米,大的零件毛料需要由多块蜂窝芯拼接而成,比如波音747-8飞机内襟翼后缘中的楔形件,长约8m,宽约1m,厚度从70多mm过渡到1mm左右,毛料需要由4块蜂窝芯拼接而成。

常用蜂窝芯零件的装夹和固持方法

由于铣切刀具在切削时会对蜂窝芯施加向上的切削力,而蜂窝材料又不易固持,加工中易将蜂窝带起。因此,蜂窝芯的装夹和固持是蜂窝数控铣切工艺特别重要的工序,固持剂的选择是否得当与固持牢固性、铣切表面质量以及生产效率有直接关系。

加工蜂窝芯的工装一般有2种:一是加工等厚度的楔形零件,选用平板工装;二是加工复杂型面的蜂窝芯零件,选用型面工装。

常用的固持方法有3种:聚乙二醇法、双面压敏胶带固持法和隔膜法。

(1) 聚乙二醇法。

此方法仅适用铝蜂窝芯的加工。

将待切的铝蜂窝芯定位在工装上,利用聚乙二醇在稍高温下即可快速熔化和室温凝固特性,固持蜂窝芯。该方法固持容易,效果较好,适用于面积大、加工切削量大、铣切深度大的铝蜂窝芯的加工,但生产成本高,周期长,当切削温度较高时,易使聚乙二醇熔化,导致蜂窝芯与工装脱落,影响加工表面质量。

(2) 双面压敏胶带固持法。

此方法仅适用于切削量小、铣切深度浅、面积小的铝蜂窝芯和Nomex纸蜂窝芯的加工。主要是利用双面压敏胶带将蜂窝芯定位在平板工装上。可使用电风吹热胶带,放好蜂窝芯后,上面均匀施加压力,粘贴好后立即数控加工。该方法固持方便,但固持力小且不可控,不宜于固持切削力大和铣切深度大的蜂窝芯的加工。

(3) 隔膜法。

此方法适用于大型的铝蜂窝芯和Nomex纸蜂窝芯零件的加工。采用塑料胶片或玻璃纤维增强塑料制成的隔膜,粘贴在需要铣切的对称面上,利用抽真空固定,铣切后去掉隔膜。这种方法粘贴隔膜费时、费事,但固持稳定、牢靠,可承受较大切削力。

蜂窝芯类零件数控加工机床的选择

加工蜂窝芯的数控机床有三坐标机床和五坐标机床。三坐标机床加工两面均为斜平面的楔形蜂窝芯零件,需两套工装完成加工;五坐标机床由于刀轴方向可以实现联动,可以完成各种复杂型面蜂窝芯零件的加工。由于蜂窝芯的韧性好,加工中要利用刀具的高转速来完成,所以切削时要选择高速数控机床。

目前,有一种新的机床——六坐标(除了五坐标机床五个轴外,再加上刀具的旋转、摆动)蜂窝数控专用超声波机床,该机床主要利用超声波

原理,使专用于加工蜂窝的刀具产生20000Hz的振动,利用锋利的刀刃对蜂窝进行高频冲击加工。由于没有刀具的旋转,冲击幅度也很小,切削力基本没有,蜂窝的固持强度要求相对较低,从而大大提高了蜂窝类零件的加工质量及能力。

蜂窝芯类零件数控加工刀具的选择

由于蜂窝结构的特殊性使其切削性差,在加工中易出现撕裂、压塌、芯格变形、毛刺、外形缺损等缺陷,同时在加工中刀具易磨损,因此蜂窝芯类零件数控加工刀具的选择非常重要。目前,国内外加工铝蜂窝芯和Nomex纸蜂窝芯常用的刀具有以下2种:

(1) 平面类蜂窝芯零件选用无齿铣刀(或称阀杆式铣刀)(见图1)。

该刀的材料为高速钢或整体硬质合金,其结构与加工铝合金所用的钴铣刀完全不同,仅将刀具整个周边制成锋利的周刃,切削刃的2个最重要的几何角度是楔角和后角。

由于该刀具端面没有切削刃,加工过程中只能一层一层通过刀具的高速旋转将蜂窝芯沿高度方向割断,通过刀体的结构将已切割掉的蜂窝芯废料卷起,因此此刀具只能用于加工各种平面类蜂窝芯和大型复杂型

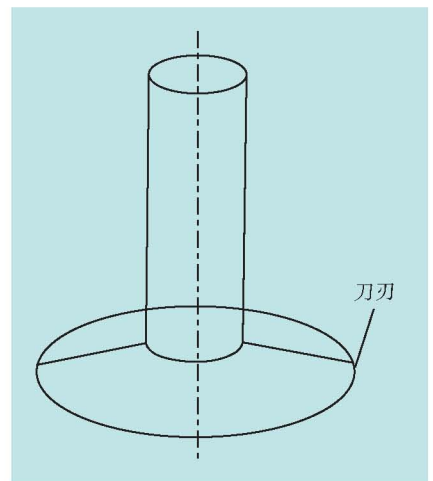


图1 无齿铣刀

面蜂窝芯的大余量去除。由于蜂窝对刀具切削刃的磨损很快,故一般粗加工用一圈周刃的无齿铣刀加工,只要发现切削刃不锋利,可以重新刃磨,再进行加工,从而降低加工成本。而锯齿形周刃的无齿铣刀则无法刃磨,一般用于蜂窝芯的精加工。

(2) 复杂型面蜂窝芯零件。

复杂型蜂窝芯零件一般选用切碎、切割组合式蜂窝铣刀加工(见图2和图3)。此刀具与无齿铣刀配合使用,为可卸式。端部磨损后,可以翻过来重新装紧,二次使用。

该刀的材料为整体硬质合金,由上下两半部分组合而成,下半部分与无齿铣刀结构相同,上半部分刀体上制成好多锋利的切削刃。象加工铝合金所用的钻铣刀一样,刀具在加工过程中将要去除的铝削成铝屑,此刀可以边切割边打碎蜂窝芯。在加工过程中其上半部分负责打碎蜂窝,下半部分负责切割蜂窝。下半部分与图1所示的无齿铣刀一样,但其直径大于上半部分直径,必须组合起来使用。这样,在加工过程中,被去除的废蜂窝芯被打碎,形成碎屑,不会缠刀,同时当刀轴方向缓慢变化时,由于边切割边打碎,故不会压塌蜂窝芯。因此,此类刀具可以加工蜂窝芯零件上的各种下陷、带大曲率的凹、凸面、大的圆弧面等。此类刀具近几年才在国内使用,完全依赖于进口。

目前,图3所示刀具直径最小只能加工到12.7mm。小曲率凹/凸面、小圆弧面的蜂窝芯零件还不能完全

数控加工到位,比如转角处,大部分还是由手工修整、打磨得到。

加工蜂窝芯中应注意的事项

(1) 对数控机床的要求: 转速要高,冷却方式为风冷。

一般加工蜂窝芯的数控机床转速要高于8000r/min。工作时的冷却方式为风冷,主轴不允许漏油(即在加工过程中要防油、防水)。蜂窝数控专用超声波铣床由于加工过程中基本不产生热量,则不需要冷却。

(2) 与工装的固持要牢固。

以上所提到的蜂窝芯的固持方法中,如果固持过程中稍有漏洞,可能在加工过程中由于刀具切削力以及切削过程中产生的热量,使蜂窝芯与铣具脱落。因此,在加工过程中要时刻检查蜂窝芯与工装的固持情况,一旦发现固持不好,应立即停止加工,否则蜂窝芯会被带起,造成报废。

(3) 刀具切宽和切深不要太多。

对于蜂窝芯零件较薄的地方,如楔形蜂窝芯的尖部,厚度很小,如果刀具切宽、切深太多,由于切削过程中产生大量的热,会使固定蜂窝芯的聚乙二醇熔化,刀具的切削力会将蜂窝芯带起,造成外形缺损。Nomex蜂

窝芯也会因刀具切削力以及切削过程中产生的热量,使其从固定它的双面胶带上带起,造成外形缺损,甚至将整个蜂窝芯大片带起,造成报废。

(4) 进给速度要适度。

对蜂窝芯进行粗加工时,刀具转速和进给速度容易控制,但在精加工时,加工到蜂窝芯较薄的地方,刀具转速和进给速度要适度,不能太快也不能太慢。

(5) 刀具要锋利。

由于蜂窝芯类零件的切削性差,



图2 切碎、切割组合式蜂窝刀(切碎部分可翻转)

在加工中刀具易磨损,刀具如果不锋利,会产生毛刺、易出现撕裂。因此在加工过程中,要时刻观察刀具使用情况,保证刀具锋利,一旦出现毛刺,一定要及时换刀。

结束语

通过以上所述蜂窝芯的装夹、固持方法,机床、刀具的选择以及加工中应注意的事项,可以很好地完成蜂窝芯零件的数控加工。但目前大部分刀具仍然依赖于进口,在刀具材料、结构、性能等方面远不如国外,我们还应努力研究和摸索。

参考文献

- [1] 《航空制造工程手册》总编委会. 航空制造工程手册. 北京: 航空工业出版社.
- [2] 牛春匀. 飞机复合材料结构设计与制造. 西安: 西北工业大学出版社.

(责编 老石)

2010年第6期·航空制造技术 89

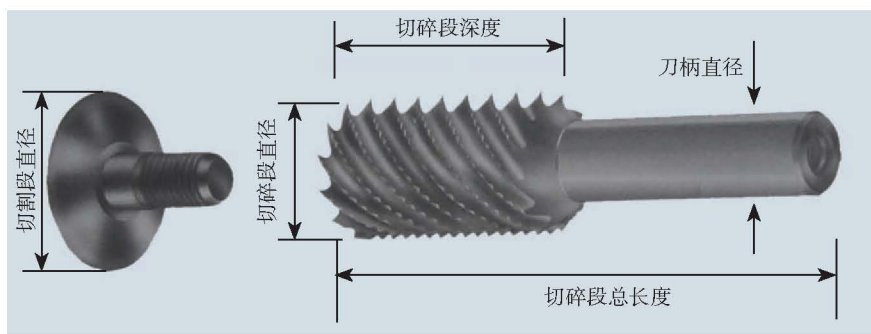


图3 切碎、切割组合式蜂窝刀