

高速切削加工在平板裂缝天线中的应用

陈陆帮 伍万斌 余洪利 白海峰

(中国电子科技集团公司第三十八研究所, 安徽 合肥 230031)

摘要:详细分析了铝合金平板裂缝天线在制造过程中所遇到的机械加工技术难题,有针对性地解决了包括高速切削设备的应用、专用工装夹具的利用、对裂缝天线多层装配定位等各种技术问题,有效地解决了平板裂缝天线的制造难题。

关键词:高速切削 加工工艺 裂缝天线 刀具 真空吸盘

中图分类号:TH16 **文献标识码:**A

Application of high-speed machining technology in flat-panel cracks antenna

CHEN Lubang, WU Wanbin, YU Hongli, BAI Haifeng

(The 38th Research Institute of CETC, Hefei 230031, CHN)

Abstract: This parts machining technology problems of the aluminum plate antenna cracks are detailedly analyzed, a variety of technical issues such as the application of high-speed cutting equipments, the use of special fixture, the assembly of multi-antenna positioning crack are solved targetedly, the manufacturing problems of flat panel crack antenna are solved effectively.

Keywords: High-speed Cutting; Processing; Slot Antenna; Tool; Vacuum Suction Cups

铝合金平板裂缝天线由于具有高增益、低副瓣、体积小、重量轻、携带方便及其优良的电讯性能,在机载火控、导弹制导以及无人机等领域均有广泛应用。但其结构复杂、精度要求高、成本高和加工易变形。本文通过对裂缝天线在加工过程中充分利用高速切削加工工艺方法,对加工质量、效率等有效控制进行详细阐述。

1 各层零件机械加工难点

(1)第1层为平板类零件,从图1大致可以看出

(4)机械部分结构较简单,维护方便,且若零件出现磨损或损坏,只需更换相关零件即可继续进行作业。

(5)由于结构简单,机械部分重量较轻,便于手提式作业,操作灵活。

(6)衬套压装工序采用新压装方式后,平均每个零件作业时间从原来9 min压缩到3 min,约缩短67%,大大提高了生产效率。

(7)此外,该工装升级空间大,只需更改成本低廉的机械部分即可另作他用。

综上实践检验结果表明,该衬套压装设备达到了设计要求,保证了其原有的工作能力,同时减少了辅助工序和作业辅助时间;并提高了设备通用性和作业安

整个辐射板上有200多个长宽不等、对波导腔中心的偏置尺寸不同、精度很高的狭缝槽,缝槽尺寸均不等,整个底面的平面度为0.05 mm,壁厚为1 mm,是一个大面积的铝合金薄壁结构件,该零件装夹难度高,裂缝内圆角 $R \leq 0.4$ mm,在加工过程中因零件的抖动容易断刀。

(2)第2层为箱体类零件,内腔底面壁厚为 1 ± 0.02 mm,平面度0.1 mm,加工过程中由于材料内应力重新分配及工件受热导致底面变形,底壁厚度公差 ± 0.02 mm很难控制,而且工件外形较大,普通压板或

全性,避免了零件吊装搬运过程中的安全隐患。因此,这套衬套压装设备是一套更加安全可靠、作业便捷的设备,该方案对类似压装工序有着重要的参考价值。

参 考 文 献

[1] 邱宣怀. 机械设计[M]. 北京:高等教育出版社,1977.

[2] 邱国庆. 液压技术及应用[M]. 北京:人民邮电出版社,2008.

第一作者:周卫兵,1984年生,男,工学硕士,助理工程师,主要研究方向为机械制造工艺、非标设计及数控技术,已发表论文4篇。

(编辑 吕伯城) (收稿日期:2011-10-14)

文章编号:120927

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

虎钳装夹存在问题。

(3)第3层为波导腔零件,两面都有台阶结构,第1面加工完后第2面同样存在装夹困难问题,且内腔圆角 $R \leq 0.4 \text{ mm}$,深度 8.25 mm ,属于深圆角,用普通加工方法及刀具根本无法加工。

(4)法兰盘作为天线整件与馈线连接部分,要求定位精确,如何保证波导连接口面与波导腔对称度 $\pm 0.02 \text{ mm}$,也是一个难点。

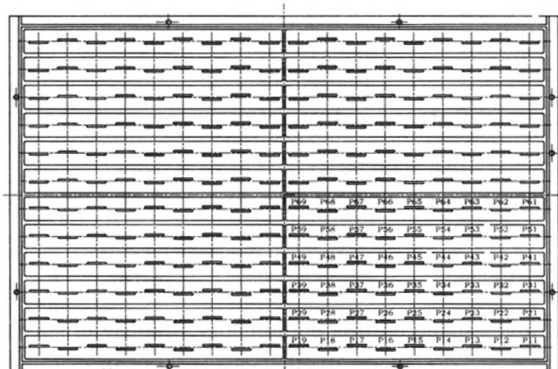


图1 裂缝辐射板

2 高速切削技术的应用

高速铣削一般采用高的铣削速度,适当的进给量,小的径向和轴向铣削深度。铣削时,大量的铣削热被切屑带走,因此工件的表面温度较低。本文加工所采用的设备为高速铣削中心C1200V,转速可以达到 $30\,000 \text{ r/min}$ 。随着铣削速度的提高,铣削力略有减小,表面质量提高,加工生产效率随着增加。图2为铣削速度对加工性能的影响。

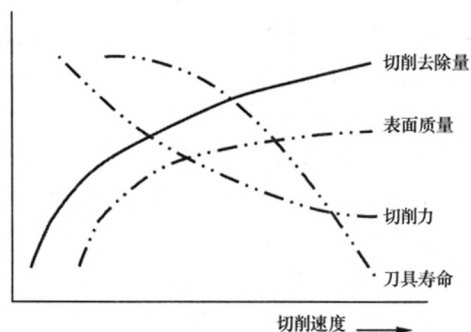


图2 高速铣削特点

由于铣削力较小,工件热变形减小,高速铣削的精度很高。铣削深度如果较小,而进给较快,这样加工表面的粗糙度值很小,铣削铝合金时可达 $R_a 0.4 \sim 0.6 \mu\text{m}$,铣削钢件时可达 $R_a 0.2 \sim 0.4 \mu\text{m}$ 。

3 机械加工工艺方案

3.1 工艺流程

传统的工艺方法为了控制加工变形,需要采用多次粗加工和退火去应力,以控制工件内应力,减小变形,这样加工效率极为低下。普通机床在加工薄壁件时由于切削力较大,工件容易产生变形,且受机床主轴转速限制,无法使用直径小于 1.5 mm 的刀具;即使勉强使用,也会造成在加工小圆角时频繁断刀。而高速切削加工由于机床转速高达 $30\,000 \text{ r/min}$ 以上,相对于传统数控切削加工的切削力小30%左右,切削热98%以上被切屑和刀具带走,故加工引起的变形较小。因此,可利用高速铣削对工件进行精加工来减小工件变形。



(a) 传统工艺方法路径



(b) 高速切削工艺方法路径

图3 高速切削与传统工艺方法的流程比较

图3是传统工艺方法与高速切削工艺方法的对比。通过两种工艺方法的对比,在加工周期的控制上,传统工艺方法大致需要3~4周的加工时间,而采用高速切削的工艺方法,仅需要3~4天的时间,效率提高明显。

3.2 高速铣削编程与仿真

3.2.1 编程软件的选择

高速切削有着比传统切削特殊的工艺要求,除了高速切削机床和高速切削刀具,合适的CAM编程软件也是至关重要的。国内外比较成熟适用于高速加工编程的软件有西门子公司Unigraphics NX、英国DelCAM公司的PowerMill、以色列的Cimatron、美国CNC Software, Inc.。本文所采用的编程软件为美国CNC Software, Inc公司开发的CAD/CAM一体化软件Mastercam。

3.2.2 数控编程的优化

数控编程时,首先要注意加工方法的安全性和有效性;其次要尽一切可能保证刀具轨迹光滑平稳,这会直接影响加工质量和机床主轴等零件的寿命;最后要尽量使刀具载荷均匀,这会直接影响刀具的寿命。

(1)保持恒定的切削条件

随着高速加工的进行,保持恒定的切削载荷非常重要,可以采取高速顺铣、冷却液连续冷却的切削加工方式。在加工参数方面采用高转速(25 000 r/min),小吃刀量(1 mm/刀)分层切削。下刀采用螺旋式,进刀方式为行切,加工顺序为从中间向两边对称加工。在加工 R0.4 mm 圆角时先采用直径 1 mm 刀铣出,再用直径 0.8 mm 的刀具分层(0.05 mm/刀)精铣。

(2) 保持相等的材料去除率

在高速切削加工过程,保持恒定的加工去除率,首先要控制切削余量的均匀性,可以很好地保证切削尺寸的稳定和切削热的带走。此外,刀具受力均匀,也延长了刀具的寿命。同时,工件的粗糙度得到有效保障。

(3) 高速切削走刀方式的选择

在高速切削加工中,走刀方式的选择对工件的加工质量有着重要的意义。对于带有敞口型腔的区域,应尽量从材料的外面走刀。对于没有型腔的封闭区域,宜采用螺旋进刀方式,在局部区域进行切入。在高速切削加工中,由于机床加速的局限性,容易造成时间的浪费,急停或急动则会破坏表面精度,且有可能因为过切而产生拉或在外拐角处咬边。所以应尽量减少刀具的急速换向,选择单一路径切削模式进行顺铣,不中断切削过程和刀具路径,尽量减少刀具的切入切出次数,以获得相对稳定的切削过程。

加工仿真见图 4。

3.3 装夹方式的选择

因为工件为薄壁空腔结构,面积较大,采用虎钳装夹会有一个侧向力引起工件翘曲变形;压板装夹只能压紧四周,中间部位同样会有翘曲变形。为此,在加工中我们采用真空吸盘装夹方式吸紧工件,以防止加工颤振和变形。

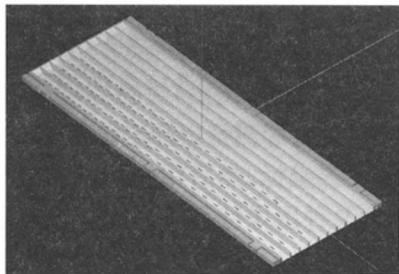


图4 加工仿真

真空吸盘加工的前提条件是定位面必须是平面,不能有台阶结构,所以第三层波导腔台阶工件只能用真空吸盘装夹加工第一面;加工第二面因第一面已有台阶无法使用真空吸盘装夹,为此我们利用工件第一

面上的螺纹孔采取背面螺栓拉紧吊装原理来装夹。具体装夹方式见图 5。

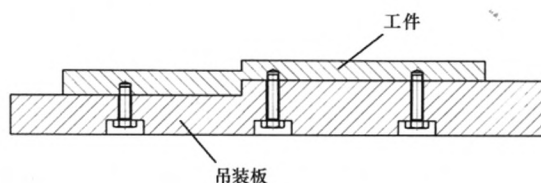


图5 装夹方法

3.4 高速切削的刀具

高速切削时,对不同的工件材料选用与其合理匹配的刀具材料和允许的切削条件,才能获得最佳的切削效果。据此,针对目前生产中广泛应用的铝合金、铸铁、钢及合金和耐热合金等的高速切削,已发展的刀具材料主要有金刚石、立方氮化硼(CBN)、陶瓷刀具、涂层刀具、硬质合金刀具等。

目前在高速铣削加工中,应用最多的是整体硬质合金刀具,其次是机夹硬质合金刀具。在高转速下应用机夹刀具加工时,应注意刀具的动平衡等级以及最高许用转速。

4 结语

平板裂缝天线是机载和星载预警雷达、合成孔径雷达的关键组件,它的制造精度的高低将直接影响到雷达的性能,通过高速切削加工的合理应用,解决了传统工艺方法效率低下的缺点。采用高速铣削制造平板裂缝天线的工艺方法在我所已经很成熟,但是造价高昂的高速铣以及主轴寿命的限制决定了其成本也很高。后期,我们将利用普通加工中心制造裂缝天线进行试验,在保证天线电讯性能及技术指标的基础上,以降低加工制造成本。

参 考 文 献

- [1] 张伯霖. 高速切削技术及应用[M]. 北京:机械工业出版社,2002.
- [2] 机械工程手册[M]. 北京:机械工业出版社,1996.
- [3] 金属机械加工工艺人员手册[M]. 上海:科学技术出版社,1979.
- [4] 林朝平. 模具数控高速切削加工的工艺分析与工艺处理[J]. 制造业自动化,2007(9):60-61.
- [5] 周华,石彦华. 高速切削机床的关键技术及其应用[J]. 现代制造工程,2008(8):124-127.

第一作者:陈陆帮,男,1980年生,工程师,从事雷达工艺研究。

(编辑 吕伯诚)

(收稿日期:2011-09-06)

文章编号:120928

如果您想发表对本文的看法,请将文章编号填入读者意见调查表中的相应位置。

如何学习天线设计

天线设计理论晦涩高深, 让许多工程师望而却步, 然而实际工程或实际工作中在设计天线时却很少用到这些高深晦涩的理论。实际上, 我们只需要懂得最基本的天线和射频基础知识, 借助于 HFSS、CST 软件或者测试仪器就可以设计出工作性能良好的各类天线。

易迪拓培训(www.edatop.com)专注于微波射频和天线设计人才的培养, 推出了一系列天线设计培训视频课程。我们的视频培训课程, 化繁为简, 直观易学, 可以帮助您快速学习掌握天线设计的真谛, 让天线设计不再难...



HFSS 天线设计培训课程套装

套装包含 6 门视频课程和 1 本图书, 课程从基础讲起, 内容由浅入深, 理论介绍和实际操作讲解相结合, 全面系统的讲解了 HFSS 天线设计的全过程。是国内最全面、最专业的 HFSS 天线设计课程, 可以帮助你快速学习掌握如何使用 HFSS 软件进行天线设计, 让天线设计不再难...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/122.html>

CST 天线设计视频培训课程套装

套装包含 5 门视频培训课程, 由经验丰富的专家授课, 旨在帮助您从零开始, 全面系统地学习掌握 CST 微波工作室的功能应用和使用 CST 微波工作室进行天线设计实际过程和具体操作。视频课程, 边操作边讲解, 直观易学; 购买套装同时赠送 3 个月在线答疑, 帮您解答学习中遇到的问题, 让您学习无忧。

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/cst/127.html>



13.56MHz NFC/RFID 线圈天线设计培训课程套装

套装包含 4 门视频培训课程, 培训将 13.56MHz 线圈天线设计原理和仿真设计实践相结合, 全面系统地讲解了 13.56MHz 线圈天线的工作原理、设计方法、设计考量以及使用 HFSS 和 CST 仿真分析线圈天线的具体操作, 同时还介绍了 13.56MHz 线圈天线匹配电路的设计和调试。通过该套课程的学习, 可以帮助您快速学习掌握 13.56MHz 线圈天线及其匹配电路的原理、设计和调试...

详情浏览: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/116.html>



关于易迪拓培训:

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,一直致力和专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;后于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年, 10 多年丰富的行业经验
- ※ 一直专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 视频课程、既能达到了现场培训的效果,又能免除您舟车劳顿的辛苦,学习工作两不误
- ※ 经验丰富的一线资深工程师主讲,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>