

一种宽带微波合成器成型工艺研究

霍建东

(中国电子科技集团公司第 41 研究所 山东 青岛 266555)

摘要: 本文提出了一种宽带微波合成器成型工艺方法。该方法从整体的功能用途角度出发,从最终组装后的整体来考虑零件的加工,提出了整体加工,分拆成形的新工艺思路。运用此工艺方法加工后的整件装配效果良好,装配后的整件同轴度、圆度等特征指标均能达到设计要求。

关键词: 整体加工;分拆成形;工艺设计

0 引言

随着微波毫米波技术在军事领域的迅猛发展和广泛应用,对宽带微波毫米波固态功率放大器的性能要求也日渐提高。尤其是随着雷达、电子对抗及无线通信技术的迅猛发展,在高效率、宽频带、高增益、大功率等多个方面都对固态功率放大器的关键技术提出了更高的要求,这些关键技术直接关系到雷达、通信等系统的工作效能和信息质量,该难题的解决不但可以大大提高系统的技术水平和信息质量,而且还可以提高系统的可靠性和稳定性,有益于军队在通信、雷达等相关领域武器装备性能的提高。该关键技术覆盖了微波设计、结构设计以及加工工艺等各个环节,尤其是在加工工艺及结构设计方面,为实现多路功率放大单元的高效功率合成,其整体设计思路和逆向工艺设计的思维方式成为了实现方案中的重中之重。

由于此类微波模块的结构复杂,要求精度高,加工的难度极大,最关键的是同轴功率合成器由大量的合成单元组合而成,如何保证单件的精度和组合后的精度,如中心导体轴与腔体组件的同轴度,单元腔体组合后的整体性和圆度等,对于加工和装配都是很大的挑战。

因此,如何从工艺的角度,通过技术、工艺流程、新方法等方面进行探索研究,解决此类零件加工精度和装配精度,是工艺面临的非常棘手而又必须解决的问题。

1 国内外技术现状

目前,国外美俄等军事强国对于宽带微波毫米波功率放大器设计和生产的水平很高,形成了规模化、系列化的产品,而且能直接应用在军事通信、雷达等相关领域武器装备上。同时,国外产品的价格非常昂贵,由于这些放大器均为对我国禁运产品,即使是可以寻到价格,也无法购进。国外研制的一种同轴功率合成器,它由十六个功率放大单元按圆弧排列组成。

国内能够满足实际军事应用要求的宽带微波毫米波功率放大器仍是空白,相关的技术和经验几乎没有,需要从头进行摸索和研究。同时,国内宽带微波毫米波功率放大器拥有大量的客户需求,如果能掌握其核心技术,实现突破,无疑将具有非常重要的现实意义。

2 工艺难点与关键技术

2.1 单元腔体成型工艺

2.1.1 减小累积误差

在试验阶段,是按理论尺寸分别加工的各单元腔体,经过组装后,组件是 20 个腔体组合在一起的,由于累积误差的影响,以及组装时各腔体的不匹配等问题导致装配后的产品圆度偏差较大,与内导体的同轴度偏差也大,不仅产品的外观质量不好,还严重影响了产品的性能指标。

如何在加工中减小累积误差和加工变形,是保证组装精度的关键所在。

2.1.2 加工参数的确定

线切割的加工参数对于单元腔体,以及整体装配后的质量起到决定性的作用。因此需要在加工之前,甚至是工艺制定之前就确定加工参数,固化下来放电的电压、电流、电腐蚀效率等参数,精确摸索出放电间隙,并将这个数据传递到图样的设计中,确保加工后的零件能满足设计和组装的要求,同时在线切割加工过程中也要求按确定好的工艺参数来执行。

2.1.3 腔体的铣削加工

由多瓣组成的合成器中,单元腔体的形状比较特殊,对于铣削加工来说,没有可装夹的平面,所以如何解决铣削的装夹问题是工艺必须重点考虑的问题,从图纸的结构特征来看,虽然对于铣削的腔体没有特别的尺寸公差要求,但为了保证装配后的整体质量,控制每个单元腔体的变形是铣削加工中必须解决的工艺问题,而对于这个形状特殊而又细长的零件,控制零件的铣削变形和装夹变形是件非常困难的事情。

在工艺成型技术中必须解决工装夹具问题,需要设计定位精度高、装夹力小的夹具用以保证单元腔体的尺寸精度和控制变形量。

3 工艺方案的确定

3.1 改进工艺流程

3.1.1 整体加工的工艺思路

通过整体设计思路和逆向工艺设计的思维方式,改进传统工艺流程。工艺设计中不仅仅是为了完成一个腔体的加工,而是将单件腔体的加工工艺,从装配后的整件开始考虑,以最终的使用性能为目标,从整件的装配精度分解到每个单元腔体的加工精度。

从最终组装后的整体来考虑零件的加工,提出了整体

加工, 分拆成型的新设计思路。即: 为了确保组装后产品的质量, 将各单元腔体的设计尺寸进行更改, 组装后回复到理论的位置 (如图 1 所示)。

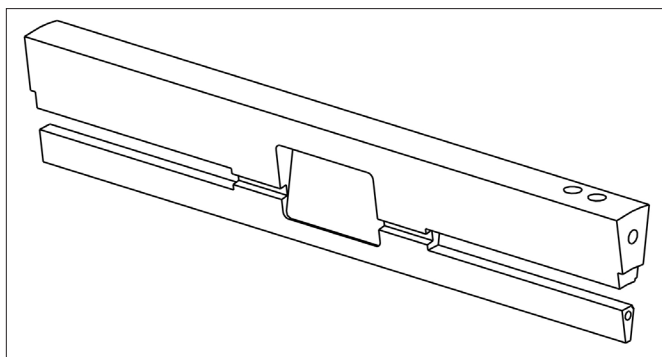


图 1 单元腔体

在工艺设计上是从功用 - 装配 - 到零件加工的由上到下的工艺思路, 改变了以往从零件 - 装配 - 功用的由下到上的设计方法。

3.1.2 热处理流程的改进

对于黄铜合金材料, 一般采用坯料热处理去除材料残余应力。在此项目的加工中, 在铣削加工和线切割加工之间进行热处理去应力, 减小应力对线切割工序加工精度的影响。

3.1.3 加工参数的改进

线切割的加工参数对于单元腔体, 以及整体装配后的质量起到决定性的作用, 所以在工艺制定之前对于线切割的加工参数进行了摸索, 针对该种材质和坯料厚度, 确定了线切割加工的放电间隙等参数, 并引用到零件加工工艺设计中, 确保最终加工质量 (如图 2 所示)。

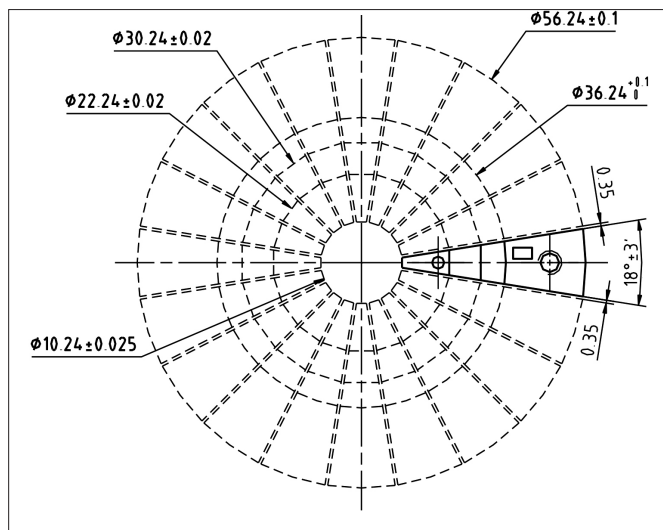


图 2 工艺思路模拟图

由图 2 中可以看出, 设计要求组装后是 $\phi 54 \pm 0.1\text{mm}$, 而加工时是按 $\phi 56.24 \pm 0.1\text{mm}$ 来加工的。为了保证加工后的零件能组装回到 $\phi 56.24 \pm 0.1\text{mm}$ 尺寸, 必须要精确的确定加工参数, 在此项研究中, 在工艺设计之前, 就用了相同的材料做成单元腔体一样厚度的坯料进行了工艺试验, 固定

了放电的电压、电流、电腐蚀效率等参数, 摸索出放电间隙是 0.35mm , 并将这个数据传递到图样的设计中, 确保加工后的零件能组装到设计的要求, 同时在线切割加工过程中也要求按确定好的工艺参数来执行。

3.2 改进单元腔体成型工艺方法

但为了保证装配后的整体质量, 控制每个单元腔体的变形, 对于这个形状特殊而又细长的零件, 设计制作了专用的铣削夹具, 该夹具具有几个重要的功能特征:

3.2.1 定位精度高

夹具的重要尺寸 (除侧边的销钉孔外) 都是在数控加工中心上一次装夹加工完成, 包括 18° 的斜面, 在加工中心上能有效保证斜面的精度, 零件装到夹具上, 通过斜面的配合, 能很好保证零件上表面与工作台平行。

3.2.2 各个方位都能形成有效和精准的定位

零件 X 方向的精度通过夹具的侧边来保证, Y 方向的精度通过两边的销钉, 零件的斜面和夹具的斜面能紧密配合, 特制的 L 型压板能将零件较好的固定在夹具上。

3.2.3 装夹力小

采用四个压板装夹, 减小了一般情况下的虎钳侧向装夹力, 铣削加工过程中除了铣刀的切削应力外, 不会因为装夹力引入新的变形, 所以此种装夹方式加工的零件变形情况能得到较大幅度的改善。

此外, 采用压板装夹的零件牢固可靠, 而且不会对零件产生压伤, 如果采用虎钳装夹, 由零件形状特征决定, 装夹的面积很小, 会对零件产生装夹的伤痕, 而且不牢固, 同时装夹及定位精度低。

4 结语

通过多项工艺试验和改进, 整件的装配效果良好, 装配后的整件同轴度、圆度等特征指标均能达到设计要求, 组装后的各单元间没有明显的间隙, 与内导体、连接器之间的配合良好。整件的驻波和插损等性能指标较好, 均达到设计的要求。

本方法涉及到方案结构改进、加工工艺改进、机械指标提高以及与此相关的加工及测试夹具的设计与改进等多项创新性研究。同时, 该方法不但可以大大提高系统的技术水平和信息质量, 而且还可以提高系统的可靠性和稳定性, 有益于我军在通信、雷达等相关领域武器装备性能的提高, 以满足我国国防军工领域不断增强的迫切需求。

参考文献:

- [1] 陈蔚芳, 倪丽君, 王宁生. 夹具布局和夹紧力的优化方法研究 [J]. 中国机械工程, 2007, 18(12): 1413-1417.
- [2] 孙全平, 廖文和. 高速铣削加工工艺优化技术的研究 [J]. 机床与液压, 2006(1): 21-24.
- [3] 姜涛, 梁迎春, 赵岩. 微机械产品的应用及其微细加工方法的分析研究 [J]. 制造技术与机床, 2007, (10): 9-13.

作者简介: 霍建东 (1975.01-), 男, 山东青岛人, 本科, 高级工程师, 研究方向: 微波结构工艺设计。