

激光快速成形支撑框的精密加工技术研究

张志刚 江希龙

(北京空间机电研究所, 北京 100076)



摘要: 针对激光快速成形的钛合金产品会出现“鱼鳞状”波纹表面、一般机械加工手段不易去除的难题, 析钛合金材料特性和激光快速成形的原理及过程, 总结激光快速成形典型零件支撑框生产过程中的加工经验, 采取了针对艺措施及合理的工艺流程, 并结合材料特性选用了合理的加工方法。通过对慢走丝线切割等精密加工技术的研究和应用, 解决了去除激光快速成形产品“鱼鳞状”波纹表面的难题。

关键词: 激光快速成形; “鱼鳞状”波纹表面; 慢走丝线切割

Precision Machining Research of Laser Rapid Prototyping Braced Frame

Zhang Zhigang Jiang Xilong

(Beijing Institute of Space Mechanics & Electricity, Beijing 100076)

Abstract: The paper is aimed at the poser that the general technical process and machining methods can't remove the fish scale-shaped corrugated surface of the titanium alloy products generated by laser rapid prototyping easily. By analyzing the material characters of titanium alloy together with the principles and process of laser rapid prototyping, the paper summarizes the process experience of the procedure of typical component that supporting-frame is generated by laser rapid prototyping. And the paper adopts individualized processing measures and reasonable processing flows, chooses reasonable machining methods with material characters. Through the research and appliance of the slow-feeding wire-cutting and other manufacturing technology, the paper resolves the poser to remove the fish scale-shaped corrugated surface of the titanium alloy products generated by laser rapid prototyping.

Key words: laser rapid prototyping; scale surface; low-speed WEDM

1 引言

钛合金材料产品在航天、航空领域应用广泛。随着航天技术的飞速发展, 零件的设计精度越来越高, 一体化形状越来越复杂, 在保证刚度的前提下, 轻量化要求越来越严格, 这对传统的钛合金铸造、制坯技术提出了更高的要求。要同时满足降低成本、缩短周期的条件, 复杂结构件钛合金铸造已渐入瓶颈, 很难突破, 需要研究新型制造坯料技术, 以适应航天产业发展的新需要。

激光快速成形技术(RP-Rapid Prototyping)是上世纪80年代后期起源于美国的一种先进制造技术,

是机械工程、计算机辅助设计(CAD)、数控技术及材料科学技术的集成。将一定尺寸的电子模型设计, 利用快速成形制造的原理, 以金属粉末(或丝材)为原材料, 通过高能激光束对金属原材料逐层溶化堆积, 迅速、自动化地物化为具有一定结构和功能的原型或零件^[1]。激光快速成形为克服大型薄壁复杂钛合金结构件制造技术难点上提供了一条新途径。

激光快速成形产品的研究在国内已有一定的技术积累, 但大尺寸零件的毛坯成形后续加工, 其工艺方法还有待研究。本文针对激光快速成形典型零件支撑框, 通过对产品特点、难点、加工过程的分析, 总结其工艺特点及方法。

作者简介: 张志刚(1977-), 工程师, 机电一体化专业; 研究方向: 遥感型号总装、机制工艺, 工装设计。

收稿日期: 2013-10-10

2 结构件的特点及加工难点

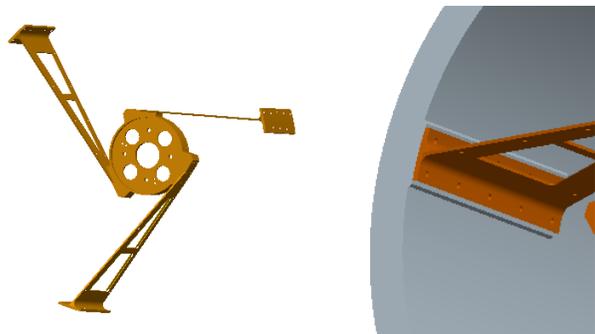


图1 支撑框三维简图

航天某产品支撑框采用“三角板骨架”式整体成形(图1)。零件属于开放式整体结构,毛坯成形一致性差,整体加工难度大,且直径大、壁薄,加工其中一个支撑框时,其余两处会因加工切削力产生“震颤”,加工过程对产品的一致性和均匀性要有严格的控制。由于产品形状特殊,铸造形腔要求高,周期长、铸造难度大,所以零件采用以钛合金粉末为原料的激光快速成形制造技术成形。

3 零件成形及毛坯状态

零件通过激光快速成形逐道搭接扫描、逐层溶化沉积等工艺方法,近终成形(图2)。



图2 支撑框激光快速成形产品

零件成形后,由于液态金属凝固过程中表面张力与沉积冷却的共同作用下,产品表面有波浪形状明显、均匀起伏排布的“鱼鳞状”波纹。与锻件和铸件较为平整一致的表面形状明显不同(图3)。

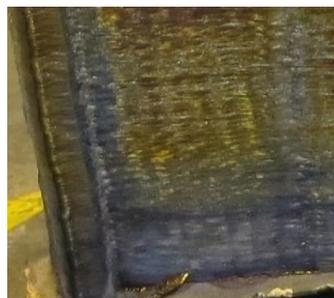


图3 支撑框“鱼鳞状”波纹表面

4 工艺措施及精密加工方法

4.1 工艺措施

激光快速成形零件表面“鱼鳞状”波纹这一特殊表面现象,对首次加工去除大余量有较大影响。产品在毛坯成形后,有一层较为坚硬的表面氧化层(如图2、图3),经分析表面氧化层材料主要为氧化钛和氮化钛,硬度较高,是影响切削加工的明显因素之一。且表面“鱼鳞状”波纹厚度方向一致性难于检测,波纹的波峰与波谷不规则,对判断产品最终成形尺寸,确定产品余量及分布是否足够难度大。

产品表面硬度高,刀具切削首次进刀需切削量深,首次进刀需切过波纹起伏层、表面氧化层,以减少加工表面硬化层时对刀具的损伤。如果粗加工时首次进刀切削量小,加工时颤动明显,有较大噪声,且刀具磨损较快,会发生崩刃现象。

为了解决刀具磨损的问题,针对零件特点,可选用快走丝线切割方式去除表面“鱼鳞状”波纹层,同时为避免切深过大造成线切割断丝的情况,可采取加大电流的措施。零件去除表面层后,根据形状特点进入加工工艺流程。

4.2 工艺流程及简述

零件加工过程中,为保证装配精度及精密加工后各尺寸公差、形位公差,需要合理安排产品的加工工艺流程及排布合适的加工余量,使各零件的加工精度及加工残余应力对后加工的影响最小。

零件加工分成确定基准-粗加工-半精加工-精加工的工艺流程(图4)。

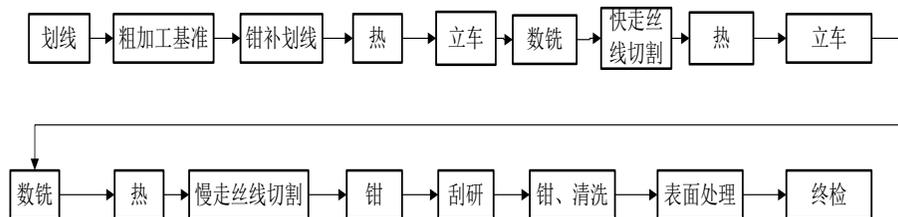


图4 支撑框加工流程

4.2.1 确定基准

由于毛坯余量一致性难以确定,毛坯成形有类似铸件的冒口、翻边,而且,激光快速成形的“近终成形”状态,加工各部位间已经形成了一定的尺寸关联性。因此,激光快速成形需对产品进行细致的划线和定位,并对加工部位进行试走刀,以确定零件最终外形及余量分布,保证产品三维方向上所有的表面层均能被加工去除。试走刀后,必要时需补划线。

4.2.2 粗加工、半精加工

对产品不同部位进行车削、铣削、钻铰和攻丝等切削加工,加工过程中,根据类似铸钛零件工艺参数的研究比较,其切削工艺性能、参数与传统铸造钛合金类似,且切削工艺稳定性良好。

4.2.3 加工工序间的热处理

激光快速成形产品,在成形过程内部存在较大应力,通过划线和粗加工找出基准,保证有足够的加工余量后,需进行高温退火处理,消除毛坯成形过程中内应力。零件在加工过程中,存在切削应力,有一定的残余内应力,因此在粗加工、半精加工阶段,安排两次真空消除应力退火热处理。经过处理后的零件尺寸稳定性有显著提高。

半精加工后,产品可进入精密加工阶段。

4.3 精密加工

4.3.1 精密加工工艺方法的选择

根据零件特点,精密加工适宜采用慢走丝电火花线切割加工方式。电火花线切割加工方式,电极与零件不直接接触,不存在显著的切削力,可以最大限度解决零件壁薄、加工中出现一处支撑框加工时,其余两处因切削力产生“震颤”的现象,更适宜产品的加工和保证尺寸稳定性。

4.3.2 精密加工的过程控制

零件壁薄(最薄处 2.5mm)、长度方向尺寸大、均布性要求高,产品刚性差,线切割的电极丝在切割

至根部时,会因产品太薄使电极丝产生抖动现象,造成阻力过大,严重时甚至会产生断丝的现象^[2],直接影响产品加工精度和表面粗糙度,需要安排合理切割路线。针对零件特性,从有精度要求一面切起,并分段剥离,以尽量减少加工变形对零件的影响,保证加工中刚性较好。

安排合理慢走丝切割加工路线的同时,控制参数,设置合理的电参数避免造成断丝,并采用检测技术、切割加工过程不稳定状态在线调整等技术,获得了良好的尺寸精度和表面质量。加工中发现线切割激光快速成形零件表面产生亮白色火花,与铸件加工产生的淡黄色火花相比,激光快速成形杂质较少,切割加工较容易,能够满足产品尺寸要求(零件要求壁厚 2.5mm 三处支撑杆均布 120°±10',加工可保证在±6'以内)。

5 结束语

采用激光快速成形技术制造的零件,具有无需大型锻造装备或铸造模具的特点,材料利用率高。但零件“近终成形”毛坯件有不规则“鱼鳞状”波纹外形,需通过细致、多次的划线定位、验证技术确认,并采用较大切深量粗加工表面层,通过合适的精密加工技术保证产品最终尺寸精度和表面质量。由此可见,以激光快速成形为代表的“3D 打印”增材制造技术还无法立刻取代传统制造业,而应与其相互融合,优势互补,努力突破现实瓶颈。

参考文献

- 1 王华明,张述泉.大型钛合金结构激光快速成形技术研究进展.航空精密制造技术,2008,6:28
- 2 王鑫鑫.浅谈影响慢走丝线切割加工表面质量的因素分析.大观周刊 1008-925X(2011)07-0016-01

