

燃烧室内壁复杂型面加工

张改霞

(西安航天发动机厂, 陕西 西安 710061)

摘 要: 燃烧室内壁是液氧煤油发动机推力室中的重要部件之一。其工作时承受高温、高压燃气; 内、外壁均为曲线拟合母线的回转体; 直径大、长度长、且壁薄; 内冷却环带槽结构特殊。在整个研制过程中, 主要就加工方法、工艺流程、零件的装夹、定位基准的确定、程序设计、工艺装备设计、切削刀具、检测量具、切削参数等方面做了研究。按研究方案已加工出多件产品, 经整机系统试车, 效果良好, 达到了预期目的和效果。

关键词: 燃烧室内壁; 内冷却环带槽; 薄壁曲面; 加工

中图分类号: V465

文献标识码: A

文章编号: (2004)04-0045-04

Processing of the Complex Contour for the Inner Wall of Combustion Chamber

Zhang Gaixia

(Xi'an Space Engine Factory, Xi'an 710061, China)

Abstract: The inner-wall of combustion chamber is one of the major units of the LOX/kerosene engine thrust chamber, which bears high operation temperature and pressure. It has a particular shape with big diameter, thin wall, curved surface and complex cooling slots. The technological process, program design, work fixture, cutting tools and measuring tools, etc. are introduced in this article. Several units have been produced, all of them have passed the engine hot run tests with satisfied results.

Key words: inner wall of combustion chamber; inner cooling ring slot; thin wall cured surface; processing

1 引言

随着世界格局的变化, 航天技术得到飞速的发展, 对于航天工业的基石——火箭发动机制造技

术来说, 大推力、环保型的液氧煤油发动机是近年来各航天大国争相发展的目标。我国于近年开始研制液氧煤油发动机, 但此发动机不同于我们以往的长征系列发动机, 是一种全新的高压补燃

收稿日期: 2003-11-06; 修回日期: 2004-03-04。

作者简介: 张改霞 (1962—), 女, 工程师, 研究领域为液体火箭发动机机械加工工艺。

运载动力装置,其系统复杂,工艺难度大,研制采用的又多是一些新技术、新工艺和新材料。

燃烧室内壁是液氧煤油发动机推力室中的重要部件之一。其工作时承受高温、高压燃气;内、外壁均为曲线拟合母线的回转体;直径大且壁薄;内冷却环带槽结构特殊;整个工件的加工靠普通设备难以完成,只有采用数控机床方可完成。而且加工过程中零件的装夹、定位基准的确定、尺寸链的计算、加工参数的确定以及程序的编制等均存在较大难度。

2 燃烧室内壁结构特点

燃烧室内壁是发动机推力室中的重要部件之

一,其结构如图 1 所示:产品采用锻件毛坯加工,材料为新型材料,零件长为 L ,外径为 D ,壁厚为 δ ,它的内、外型面均为曲线拟合母线的回转体,属薄壁件。在工件外表面有深浅、宽窄不同,形状各异的环形槽若干个,最典型的一个槽宽小于 1mm,槽深约 6mm,且与水平轴线有一定的夹角。

3 加工难点分析

3.1 装夹难

因工件长约 500mm,且重,卧式数控车床上夹爪长只有 20mm,加工内型面需要设计制作专用机床夹具。

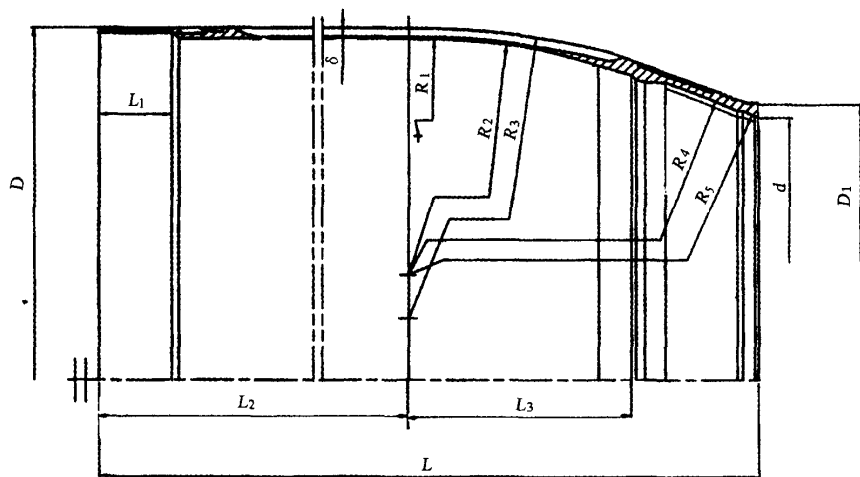


图 1 燃烧室内壁结构图

Fig.1 Structure drawing of inner wall of combustion chamber

3.2 震动大

加工内型面时因工件太长,需要加长刀杆,导致工艺系统震动大,尤其到最后吃刀少时更明显,致使表面粗糙度达不到要求。

3.3 装、卸胎及找正困难

加工外型面时,工件必须装在一个专用的机床胎具上,受工件长度及夹具结构的影响,此机床胎具长达近 1 米,且重。又因所用机床为卧式

的,无法在机床上装工件,只有在机床下将工件装在胎具上。车外型面是车加工的最后一道工序,为了保证工件壁厚,必须使工件装在胎具上后,端面跳动量符合要求,在机床下无法检测端面跳动量,只有装胎时尽量使工件轴心线和胎具轴心线同心,胀胎时胀紧力保持一致,方可保证工件与胎具很好的贴合,从而使内外型面同心,保证工件壁厚。但有时还是不能满足端面跳动量要求,

就得将胎具卸下机床,再卸下工件重新装夹,直到端面跳动量符合要求为止。这一切都给装、卸胎具及找正带来了很大的困难。

3.4 程序设计复杂

待加工尺寸达70多个,各尺寸间需相互协调,尺寸链计算繁琐,形状复杂,形位公差要求严,第二冷却环带槽宽小于1mm,而深约6mm,加工困难。

4 工艺方案和工艺过程

工艺方案的确定需考虑加工方法、所用的设备、工艺流程等,还应选择工艺基准,设计制造合理的专用工装夹具和刀具,确定检测方法及量具,对研制中出现的难点提出相应的解决方案和对策。

4.1 工艺流程的确定

锻造——热处理——粗加工——粗精车内型——计量——装胎——点焊——车外型及各环形槽——数铣——切断——卸胎——打毛刺、刻字、清洗——交付。

4.2 工艺过程难点剖析

4.2.1 毛坯的粗加工

由于该零件毛坯为自由锻件形状不太规则,加之毛坯质量约300多公斤,直接在数控机床上加工不经济且没有可靠的装夹基准,所以先在普通车床上,将毛坯加工成如图2所示的状态后再上数控机床。

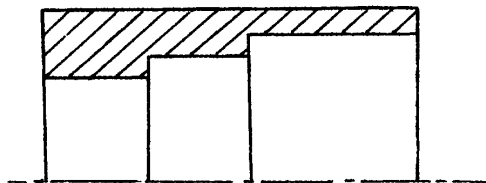


图2 粗加工毛坯图

Fig.2 Blank drawing of rough machining

4.2.2 在数控车床上,完成内型面的加工

4.2.2.1 工件的装夹

工件长约500mm,而机床的卡爪只有20mm,

显然不做工装是无法装夹的。在此专门设计了专用机床卡具:专用机床卡爪。工装组成为两大部分,即K72500四爪单动卡盘和夹具体,在此专门讨论一下夹具体的长度和宽度的确定。夹具体是由四个宽弧卡爪组成的,为了保证工艺系统稳定,对于这样一个长而且较重的工件,如要加工内孔,其装夹长度必须为工件的二分之一到三分之二,考虑到工件下道工序加工时的找正情况,装夹长度设计为工件的二分之一。因工件直径大,让其在轴向尽量长的基础上在径向也让它尽可能多和工件接触。所以选择单个宽弧卡爪的宽度为略小于工件外径周长的四分之一,由这样四个夹爪在径向将工件紧紧环抱住。夹具和四爪单动卡盘连接采用焊接结构。有了这样的专用机床卡爪后,解决了工件的装夹问题。

4.2.2.2 内型面程序的编制

内型面所涉及的尺寸达30多个,在程序编制中,主要是内型面直径的确定,根据工件的外径 D 及壁厚 δ ,通过尺寸链计算,初步确定内孔大端直径。为了使产品强度好一些,选择壁厚走上差,其偏差又受内型面中其它尺寸公差及工艺系统精度影响,经综合考虑最终确定了这一主要尺寸后,再确定内型面中其它各尺寸的实际编程值,确定定位基准、工艺基准、对刀基准。控制协调工艺基准与设计基准之间的不一致性。最后计算各型值点坐标值,编制加工程序。

4.2.2.3 刀具的防震性

因工件长约500mm,要加工整个内型面,要求刀杆伸出长度必须大于工件长度。受机床刀盘内孔直径限制刀杆最粗也只有50mm,所以刀杆的刚性就显的不足,在刀杆头部装上刀具后存在低头现象,吃刀后刀杆发颤,无法切削,经过几次实验后将刀具与刀架捆绑为一体,中间再塞上防震材料,结果效果很好,解决了刀具的震动问题。

4.2.3 外型面的加工

在加工外形面之前,就必须解决装夹问题,也就是解决胎具问题,因为此产品属薄壁件,为了保证壁厚的一致性,内外型面在加工时必须同心,设计时采用胎胀胀紧内型面,使胎具和工件很好的贴合,轴向压板锁紧。控制好端面跳动量及起刀点,按照程序加工。在外型面的加工中,

其中关键的就是第二冷却环带槽的加工。

4.2.3.1 冷却环带槽结构

其结构见图 3 所示。

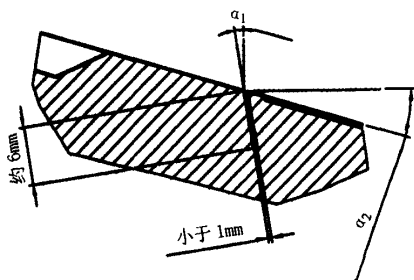


图 3 冷却环带槽结构图

Fig.3 Structure drawing of cooling ring slots

它位于一锥面上, 此锥面与水平轴线有一定的夹角, 槽宽小于 1mm, 槽深约 6mm, 此槽与水平轴线也有一定的夹角。

4.2.3.2 工艺方案的确定

(1) 分体加工

以第二冷却环带槽为界, 分为前后两段加工最后组焊在一起。采用此方法机械加工容易保证, 但通过焊接后不易保证环带槽宽和槽深, 而这两个尺寸是经过流体力学原理计算出来的, 设计要求特别严格, 如太宽影响流速, 冷却不充分容易烧穿内壁。深度也不能浅, 否则就不能保证和内壁接通, 那就无法冷却, 显然此方案是不可行的。

(2) 铣加工

受第二冷却环带槽结构的影响, 铣加工时, 铣刀厚度必须小于槽宽, 刃口部位的深度必须大于槽深, 这样的铣刀结构难以实现, 所以铣加工基本无法实现。

(3) 车加工

车加工时同样受第二冷却环带槽结构的影响, 也需解决刀具问题。通过选择适宜的刀具宽度和切削部分长度, 解决刀具刚性问题, 可以在

数控车床上来完成。

以上三种方案经过比较分析, 车加工方案比较可行, 因此, 最终确定用数控车床进行槽的车削加工。

4.2.3.3 试验情况

试验时, 在试验件上首先确定对刀基准, 编制加工程序。就前面的分析可知, 加工冷却环带槽刀具的结构是非常复杂的, 制作有一定困难。试验时, 极易断刀。调整切削参数后, 有了明显好转。经过多次试验得出: 程编中需要考虑进刀深度, 退刀深度及进、退刀方式, 进、退刀速度, 机床转速等。通过试验, 验证了工艺方案的可行性和程序的正确性。摸索出了加工此冷却环带槽的切削参数。采用合适的切削参数时加工平稳, 出屑顺畅, 零件表面质量好, 最主要的是不易断刀。

5 结论

本项研究课题已加工出了产品实物数件, 满足设计要求。并用于试车, 效果良好, 达到了预期目的和效果, 通过此次研究得出以下结论及成果:

(1) 成功地运用了数控加工技术, 完成了复杂回转型面的数控加工, 充分发挥了这些新科技手段的作用。

(2) 在本次加工中, 主要解决了较长薄壁工件在数控卧式车床上的加工问题, 尤其是第二冷却环带槽的成功加工, 解决了燃烧室内壁复杂结构中的一个棘手问题, 为新型号研制在此方面奠定了工艺基础。

(3) 摸索出了新材料的加工参数, 了解了其切削性能。同时对于数控加工中零件的装夹定位、刀具选择、尺寸链计算等方面积累了经验, 为今后的数控加工打下良好的基础。