

# 陶瓷刀具在发动机鼓筒零件加工中的应用

## Application of Ceramic Tool in Aeroengine Drum Cylinder Part Machining

中航工业沈阳黎明航空发动机(有限)责任公司 赵鹏飞 谭薇 文宝林 曾维康 范鑫



赵鹏飞

高级工程师,从事发动机盘鼓零件制造技术研究工作多年。

我国自主研发的新型飞机发动机中,鼓筒是发动机高速旋转的关键零件,其结构、形状较为复杂,精度要求高。零件的工作环境非常恶劣,选用材料均为镍基高温合金 GH4169,在切削加工时,切削负荷重、切削温度高、加工硬化现象严重、切削加工性能低,因此加工效率较低,严重影响零件的周转与交付进度。

选取的典型零件,主要针对零件

采用陶瓷刀具在数控车床上加工鼓类零件,可以提高加工自动化程度,减少人为因素的影响,提高加工效率和质量,有效地缩短生产周期。对提高鼓类零件的加工技术水平,缩小与世界先进国家的差距,增强企业的市场竞争能力具有重要的现实意义。通过在鼓筒零件上应用陶瓷刀具,进行数控高效加工的加工方案的实施,提高零件加工质量与效率,解决制造瓶颈的问题,实现减少单台加工时间 10h 以上的目标。

精车加工中的余量去除过程,开展陶瓷刀具的高效加工应用研究,着力解决制约生产过程的关键问题,推动鼓筒类零件制造技术水平的提升。

### 研究目标

鼓筒零件由五级单盘通过摩擦焊连接而成,零件结构复杂,属大型薄壁、多腔式鼓筒结构零件,尺寸较多且精度较高,技术条件要求严,加工难度大,平均制造周期在 65 天以上。尤其是精车内、外型面工序,需要在高精度的数控立式车床上才能完成加工,单道工序加工时间需要

100h 以上,由于零件制造精度较高,能够承担该工序的设备较为有限,工序等待时间较长,成为制约鼓筒生产的瓶颈工序。利用陶瓷刀具去除精加工工序余量,缩短工序加工时间,加速零件流转速度,对鼓筒零件生产意义重大。

采用陶瓷刀具在数控车床上加工鼓类零件,可以提高加工自动化程度,减少人为因素的影响,提高加工效率和质量,有效地缩短生产周期。对提高鼓类零件的加工技术水平,缩小与世界先进国家的差距,增强企业的市场竞争能力具有重要的现实意

义。通过在鼓筒零件上应用陶瓷刀具,进行数控高效加工的加工方案的实施,提高零件加工质量与效率,解决制造瓶颈的问题,实现减少单台加工时间 10h 以上的目标。

## 刀具方案

鼓筒零件为镍基高温合金 GH4169 材料。在切削加工时,切削负荷重,单位切削力可比中碳钢高 50%;切削温度高,在相同的切削条件下,切削温度约为 45 钢的 1.5~2 倍;刀具磨损剧烈,刀具寿命明显下降,在高切削温度(750~1000℃)下,刀具产生严重的扩散磨损和氧化磨损;加工硬化现象严重,已加工表面的硬化程度可达 200%~500%。因此高温合金的可切削加工性能低,车加工比较困难。采用陶瓷刀具进行加工,零件高速旋转,零件切削处材料红热、软化,刀具去除材料效率较高,因此,经过攻关组的认真分析,决定采用陶瓷材料刀具进行加工。

鼓筒零件借鉴原有工艺的方案,选用标准刀杆与刀片,进行工艺试验,选定不同厂家陶瓷刀具,先期对零件进行刀具切削试验,通过试验对比,选取的陶瓷刀具的切削速度较其他厂家刀具快了 20% 左右,刀具耐用程度基本一致,选定的陶瓷刀具在切削性能、刀具耐用度、加工参数等方面具有综合优势,进行切削方案的制定,由于在数控立车上进行加工,机床立柱探出 30mm 左右,要求刀杆较标准长度加长,通过焊接方法来延长刀杆长度,减少外购刀具的采购成本。

## 工艺试验研究过程

### 1 数控程序编制

由于采用陶瓷刀具加工后鼓筒零件工序,属于零件最终的精加工工序,零件的型面非常复杂,精度非常高,按照陶瓷刀具的加工特点,不适合最终型面尺寸的加工,仅能应用于

去除精加工余量工序,再考虑到零件的特点,经研究决定,使用切槽刀去除余量,单边给精车尺寸留有 0.4mm 余量,考虑陶瓷刀具的特点及寿命,采用刀心编程方式,刀尖对刀,每次进刀到底部,依次排刀,减少刀具切入、切出的次数,以提高刀具的寿命及材料去除率,每走完一个程序,更换一片刀片,将所有粗加工程序加工完,再进行精加工工序,编制详细的数控工步卡,指导操作者进行加工,简化操作步骤,最大程度减少操作人员干预程度,以保证加工质量,提高加工效率。

### 2 计算机辅助仿真实验

由于零件可见性差,并且零件切削速度较高,为了保证加工安全性,验证数控程序走刀轨迹的正确性,检查零件与刀具的干涉情况,加工前在计算机上使用仿真软件,进行辅助加工仿真验证,降低加工风险。

### 3 加工试验研究

#### 3.1 零件装夹

采用陶瓷刀具进行加工,要求的机床转速较高,进给速度较快,一般转速都在 100r/min 以上,零件装夹必须可靠,以保证加工安全。鼓筒零件较高,零件壁厚较薄,只能采用夹具进行装夹,夹具通过 8 个螺栓与设备相连接依靠夹具的刚性保证加工的安全与质量。

#### 3.2 零件加工参数选择

根据每种零件的加工刀具及零件结构特点,给定不同的加工参数进行加工。

鼓筒零件由于是进行零件精车工序的粗加工,受零件形状影响,加工部位空间较小,刀具选择为 4mm 宽槽刀,刀具强度较低,切削面积较小,且全刃参与切削,参照刀具厂商提供的加工参数进行试验,最终参数确定为:转速为 200r/min,进给量为 0.04mm/min。

#### 3.3 零件加工试验

鼓筒由于零件结构特殊,属五级

单盘焊接而成,零件价值巨大,难以提供试验用件,直接采用陶瓷刀具加工真件,风险较大,为了较低风险,寻找之前加工过的废零件,按照工步卡规定的加工内容,空运行程序,在确保程序运行无误后,用真件进行试验加工,在加工切削过程中,由于刀具频繁进退刀,刀片多次冲击,造成打刀,零件加工的风险较大。通过分析、研究,决定对简化加工路线,对数控程序进行重新编制,残留的余量使用硬质合金刀具去除,按照新的加工步骤进行加工,打刀的问题得到了解决,加工的质量得到保证,效率较以前提高 200%。

### 3.4 结果与分析

通过零件的试验与研究,对陶瓷刀具的加工特性有了一定的了解,选用陶瓷刀具对该 GH4169 材料进行加工,刀具选择较为适用,安排加工路线正确、可行,切削参数的设定合理,对减小零件加工变形也有了一定的控制措施,零件加工质量得到了保证。

按照试验结果,陶瓷刀具在生产加工中进行了应用,加工效率明显提高,鼓筒零件去除精加工余量的加工时间,由原来的近 4 个班次,缩短至现在仅用 1.5 个班次就能完成,缩短加工时间近 20h,极大地缓解了数控立车的生产压力,加快了零件的周转速度。

## 结束语

通过对鼓筒零件进行试验研究,应用陶瓷刀具进行高效加工的研究,制定的工艺路线正确可行,选定的陶瓷刀具、加工参数合理,加工的效果较好,达到了预期制定的目标。

随着数控设备的逐渐普及和加工能力的不断提高,高性能陶瓷刀具在鼓筒类零件的加工中应用会越来越广泛,制造技术能够得到进一步的提升,对全面完成不断增加的制造任务,发挥越来越重要的作用。

(责编 亦非)