

# 高性能活塞铁环槽刀具应用

吴思翰,刘耀东,侯志杰,梁伟伟

滨州渤海活塞有限公司;山东省发动机活塞摩擦副重点实验室

**摘要:** 对内燃机铝活塞铁环槽机械加工进行浅析,并详细介绍了活塞铁环槽各种加工方式及其对表面质量的影响。

**关键词:** 活塞;铁环槽;机械加工

**中图分类号:** TG264;TH162.1

**文献标志码:** A

**DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2020.05.013

## Application on Roughness of High-performance Piston Iron Ring Groove

Wu Sihan, Liu Yaodong, Hou Zhijie, Liang Weiwei

**Abstract:** The mechanical machining for the internal combustion of Aluminum piston iron ring groove is briefly introduced, and the various machining methods of piston iron ring groove and its effects on the roughness are detailed introduced.

**Keywords:** piston; iron ring groove; roughness mechanical machining

### 1 引言

活塞是内燃机核心零部件,活塞运行时,活塞环槽的下侧面起密封作用,其密封性能与铁环槽表面质量相关,若表面有突起或光洁度不佳,活塞环将无法正确与环槽贴合,环槽表面的高点和低点会与活塞环形成通道,导致高压燃气和机油通过,造成漏气和油耗增加,机油进入燃烧室会造成活塞积碳并增加PM。通过研究PCBN刀具,改变现有加工方式,调整刀具切削量,可提高铁环槽加工水平。

### 2 铁环槽的加工机床

多数活塞生产使用的铁环槽加工机床大致分3类:一是活塞粗、精车铁环槽一起加工的大刀塔机床,机床分销孔拉紧和顶盘压紧两种加工方式;二是先加工完粗车铁环槽,后精车铁环槽和精车外圆合并加工的机床,此种功能的机床分大刀塔和小刀塔两种型号;三是无刀塔的排刀机床,排刀机床分只加工环槽的机床和外圆及环槽一起加工的机床。

上述加工机床各有利弊:粗、精铁环槽同时加工的机床,优点是定位基准不变、精车铁环槽时两侧加工余量相当、刀具磨损均匀、大刀塔刚性足不变形,使用成型铁槽刀加工的铁槽粗糙度稳定;缺点是加工铁槽下侧倒角时,活塞长、短轴方向倒角大小不一致,需人工处理倒角,易造成环槽边缘凸起,径向直线度超差。

精车铁槽和精车外圆同时加工的机床,优点是

精车外圆时,铁环槽下侧的倒角可随行加工,倒角大小完全一致。缺点是小刀塔的刚性不足,程序加工铁环槽质量相对稳定,但使用成型刀加工铁槽时,波动较大,质量极不稳定,易造成活塞铁环槽粗糙度超差;而大刀塔车床价格贵,生产成本低。

环槽排刀机床的优点是效率高,基本应用在需要节拍短的轿车活塞加工;缺点是槽距位置依靠夹板等辅具调整,工装调试周期长。

### 3 铁环槽刀具和切削用量的选择

传统的硬质合金刀头或者硬质合金整体刀具每刃磨一次只能加工40~50只活塞,且侧面粗糙度差,精度低,不能满足生产需要。PCD刀具硬度最高,耐高温范围700℃~800℃,但在加工含铁元素材料时,其中的C元素会与Fe元素发生铁碳反应,很快失去切削性能。目前,一般使用立方氮化硼(PCBN)镶块槽刀,PCBN材料具有硬度高、耐磨性好和耐冲击的特点,耐高温范围1200℃~1300℃,加工铸铁类材料时具有良好的切削性能。一次刃磨一般能够加工700~800只活塞。

为最大程度地减小切削力和切削变形,应尽量减少精加工的切削深度,但余量过小会因刀具刃口钝圆的存在造成切削无法进行。经反复试验,根据现有刀具的实际情况,最终确定0.1mm左右的切削深度较为适宜,经实践证明可以满足生产需求。

在加工铸铁类脆性材料时,一般得到崩碎切屑,切削层与加工表面分界线不规则,加工表面不平整,表面粗糙度差,应选择较小进给量,但进给量过小导致生产效率低,同时可能产生切削过程不稳定现象,

导致已加工表面质量恶化,根据选择的刀具参数和生产线设备状况,选择进给量在 0.03 ~ 0.05mm/r 较为合理。

根据生产线的设备状况,机床功率充分,限制切削速度的主要因素是刀具耐用度,计算公式为

$$v = \frac{C_v}{T^m f^{\gamma_v} a_p^{\alpha_v}} k_v$$

式中, $T$ 为刀具耐用度; $f$ 为进给量; $a_p$ 为切削深度。

代入相应数据可得,切削速度在 240 ~ 270mm/min 的速度范围比较适宜。

## 4 铁环槽的加工方式

### 4.1 非成型刀具加工铁环槽

目前加工铁环槽多采用非成型刀具进行粗铁槽和精铁槽 2 次加工,粗刀加工后精刀的单侧余量约为 0.15mm。执行程序加工铁环槽的吃刀部位是刀尖(刀具磨损见图 1),在转速 S700 ~ S900,进给量 0.03 ~ 0.04mm/r 时,一般加工 700 ~ 800 只左右活塞换刀,粗糙度维持在  $R_a$ 0.4 左右。精测环槽粗糙度时,反映出图形为相互连接的刀纹, $R_a$  值即为各个刀纹深度的平均值(测量粗糙度如图 2 所示)。

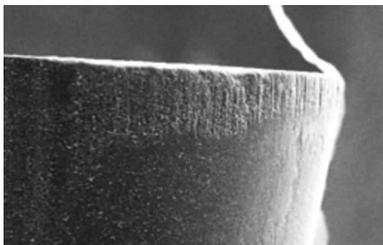


图 1 刀具刀尖磨损情况

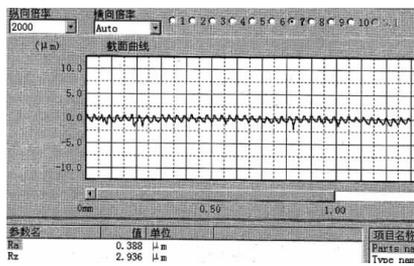


图 2 刀具执行程序测量的环槽粗糙度

### 4.2 双侧成型角度刀具加工铁环槽

双侧成型角度刀具加工铁环槽分为两种:角度和宽度均为成型的刀具,先使用铁槽粗刀径向进给至铁环底部,退出刀具后,使用成型精刀直接径向进给至槽底,退出刀具后完成铁槽加工;成型角度、非成型宽度的刀具,先使用铁槽粗刀径向进给至铁槽底部,退出刀具后,使用成型角度的 PCBN 刀具沿铁槽下侧面进给至槽底,然后平移至铁槽中间,退出刀

具,再沿铁环槽上侧面进给至槽底,平移刀具至铁槽中间,退出刀具,完成铁环槽的加工。

目前这 2 种加工方式在活塞工厂里使用较少,虽然此种加工方式可得到较好的粗糙度, $R_a$  在 0.2 以内(见图 3)。但这种加工方式会造成铁槽角度和中径数值出现较大波动,过程不稳定,并且对车床和刀具都有较高要求。车床的刀塔需选择大刀塔,有足够的抗性,铁槽刀材料需耐磨且刃磨质量高,否则将大幅降低刀具使用寿命。

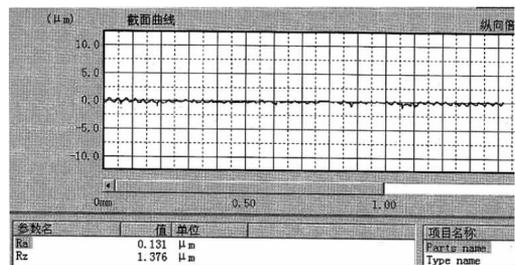


图 3 双侧成型角度刀具加工的环槽粗糙度

使用小刀塔加工铁环槽,初始加工粗糙度在  $R_a$ 0.2 以内,但加工到 30 ~ 40 只时,铁环槽的质量大幅下降,表面形成类似沟槽状的圆形纹理,如图 4 所示;测量的粗糙度较差,曲线变化波动异常,如图 5 所示;测量波纹度,曲线波动大(如图 6 和图 7 所示),结果超出要求。

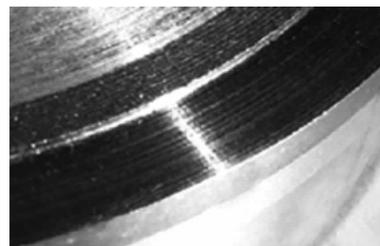


图 4 小刀塔加工的环槽表面

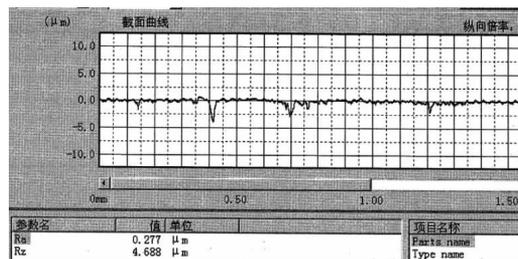


图 5 小刀塔加工的环槽粗糙度

### 4.3 单侧成型角度刀具加工铁环槽

小刀塔加工铁环槽时,槽侧加工余量大且刀具整面吃刀,刀塔刚性不足造成加工异常。现改为在非成型刀具(只有粗刀和精刀)的基础上增加半精刀,减少精刀的加工余量,进而降低刀塔的抗力,再通过调整机床程序,控制刀具侧面与环槽侧面接触

范围,使刀具的部分面与环槽接触(见图8)、用刀尖吃刀、刀面抛光的方式,提高环槽粗糙度。

采用此加工方式可得到较好的粗糙度,并有效避免铁环槽波纹度异常现象,同时执行程序加工出的铁槽角度和中径尺寸都较为稳定,刀具磨损循序渐进,通过换刀频次可以控制粗糙度水平在一定范围内。

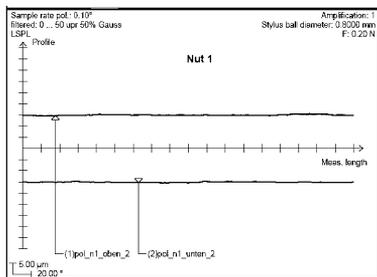


图6 大刀塔加工的环境槽波纹度

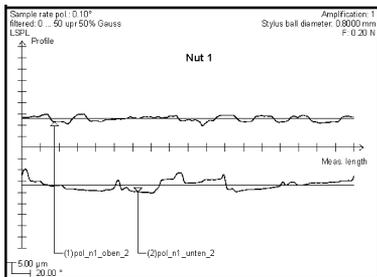


图7 小刀塔加工的环境槽波纹度



图8 刀具部分面与环槽接触时的磨损

## 5 结语

通过对成型角度的刀具执行程序加工铁环槽分析,发现在机床刀塔大小不同的条件下都可以得到良好的表面质量。在现实加工中针对不同活塞铁环槽的加工要求,可选择不同的加工方式。

## 参考文献

- [1]袁新国,亢银霞. CKF9526 数控活塞车床在活塞加工上的应用[J]. 内燃机,2001(1):24-25.
- [2]丛新春. 数控加工技术在活塞制造中的应用[J]. 铁道车辆,1998(4):91-94.

第一作者:吴思翰,工程师,滨州渤海活塞有限公司,256602 山东省滨州市

First Author: Wu Sihan, Engineer, Binzhou Bohai Piston Co., Ltd., Binzhou, Shandong 256602, China

## 《现代刀具设计与应用》征订

《现代刀具设计与应用》由成都工具研究所、行业协会和专业学会及标委会组织高等院校、科研院所、刀具企业和用户企业的10余名刀具专家编写,国防工业出版社出版。本书介绍了近20多年来在先进制造技术快速发展过程中切削加工工艺的发展趋势,全面反映了切削技术和刀具专业所取得的新进展。

全书600余页,大16开,130余万字,共15章,分成两篇。第一篇为刀具设计基础,共7章,介绍金属切削基本原理、刀具材料、刀具几何参数及结构设计、刀具涂层、工具系统及刀具装夹技术和刀具标准等现代刀具设计应用的基础知识;第二篇为刀具应用技术,共8章,内容涵盖了为获得最佳加工效果和正确应用刀具的系统专业知识,包括工件材料可加工性、切削数据库、切削冷却润滑等基础知识以及高速、高效、硬切削、干式切削等切削新工艺,刀具动平衡和安全技术、加工表面完整性、铣削走刀路线及编程方法和刀具管理等切削刀具专业的新技术。内容翔实新颖,充分显示了刀具应用技术在现代切削技术中的重要性。

本书可供从事金属切削专业技术工作的工程技术人员、科研人员在开发刀具新产品、应用切削新工艺、提高加工效率、降低加工成本等实际工作中使用,也可作为高等或中等专业学校机制专业师生的参考书及各类切削技术和刀具培训班的教材。本书对刀具制造企业开展技术创新和提高为用户服务的能力起到积极作用,为提升我国装备制造制造业切削加工技术水平具有重要的现实意义。

本书定价128元,欢迎专业工作者及专业图书资料部门订阅,联系方式:

四川省成都市成华区府青路二段24号 工具技术杂志社发行部

电话:028-83245073

邮箱:toolmagazine@163.com

