

缸体表面加工振纹的研究

杨鸿翔 林观生 龚顺行 张陈伟 何聪

上汽通用五菱汽车有限公司

摘要: 为了改善缸体通孔表面质量,采用多因素 DOE 正交试验法对表面粗糙度值进行分析,结果表明:钻孔参数对表面粗糙度值的影响按从大到小依次为刀具跳动、刀具长度、主轴转速以及进给速度,同时,不同金属材料特性也是影响缸体表面质量的潜在因素。

关键词: 表面粗糙度;加工振纹;表面质量;刀具

0 引言

在机床的切削加工中,表面粗糙度是评价产品表面质量的关键指标之一。缸体作为发动机中最重要的部件之一,既有端面密封要求,也有通孔类 O 形胶圈密封要求,因此对于密封区域粗糙度有着较高的质量要求。通过调查研究,端面加工过程表面粗糙度不符合质量标准的主要表现为加工刀痕,曲面类加工过程表面粗糙度不合格的主要表现为加工刀痕、加工振纹,因此对于曲面类加工振纹的研究很有必要。

1 试验分析

1.1 试验设计试验材料及设备

试验涉及的材料是某 1.5 L 自然吸气式缸体铸铁毛坯,加工设备为 MAG XS211 数控卧式加工中心,加工刀具是硬质合金镗刀。

1.2 试验设计

根据缸体表面质量的影响大小,将加工转速、加工进给、刀具长度以及刀具跳动分为高水平与低水平,进行正交试验(具体数据见表 1 和表 2)。

1.3 试验结果分析

1.3.1 加工转速对于缸体表面质量的影响

加工中心干切的过程中,工件表面质量随着切削转速的提高而逐渐变好,表面粗糙度值随着切削转速的提高而变得更小;而此次研究对象的加工过程属于湿加工,即有切削液辅助加工,在一定范围内时,切削转速的提高无法对工件表面质量、表面粗糙度进行有效改善或者提升,由试验结果得出,在一定范围内,提高或降低切

表 1 多因素试验设计表

因素	低水平	高水平
加工转速 (A) / (r/min)	1200	1400
加工进给 (B) / (mm/min)	308	420
刀具长度 (L_c) / mm	156.5	158.0
刀具跳动 (L_t) / mm	0.002	0.012

表 2 多因素试验方案及结果

序号	加工转速 / (r/min)	加工进给 / (mm/min)	刀具长度 / mm	刀具跳动 / mm	表面黑痕
1	1200	308	156.5	0.002	无
2	1200	308	156.5	0.012	无
3	1200	308	158.0	0.012	有
4	1200	420	158.0	0.012	有
5	1200	420	156.5	0.002	无
6	1200	420	158.0	0.002	有
7	1200	308	158.0	0.002	有
8	1200	420	156.5	0.012	无
9	1400	308	156.5	0.002	无
10	1400	308	158.0	0.012	有
11	1400	308	156.5	0.012	无
12	1400	308	158.0	0.002	有
13	1400	420	156.6	0.002	无
14	1400	420	156.5	0.012	无
15	1400	420	158.0	0.002	有
16	1400	420	156.5	0.012	无

削加工转速对通孔表面质量的影响不显著。

1.3.2 加工进给对于缸体表面质量的影响

切削深度和进给量的增大,都会使切削力增大,工件的变形量随之增大;同时,较大的切削深度及进给量会增大工件的切削残留面积,加剧积屑瘤的产生,从而降低加工精度及表面粗糙度。由试验结论得出,在同一切

削转速下, 进给高低都会出现表面质量合格和不合格的现象, 因此加工进给的增大减小对于此问题无显著影响。

1.3.3 加工刀具长度对于缸体表面质量的影响

加工所用刀具为铣刀, 按其长度一般分为长刀、中刀和短刀三种类型, 具体长度视加工物料和工件形状而定。一般来说, 长刀的长度在 150 mm 以上, 中刀的长度在 75 ~ 150 mm 之间, 短刀的长度在 75 mm 以下。该问题涉及刀具大于 150 mm, 即为长刀。

铣刀长度直接决定了加工中所能切削的深度, 因此铣刀长度越长, 加工深度也就越深, 但是也容易产生加工中的摆动和振动, 对加工精度和表面质量造成影响。另外, 刀具长度过长也会导致刀具扭曲变形, 严重时甚至会断裂。

由试验结果可知, 当刀具长度在低水平时, 无论匹配何种切削参数, 均不再出现加工表面不合格的情况, 反之, 在刀具长度处于高水平, 会 100% 出现加工表面不合格 (图 1、图 2) 的情况, 因此刀具长度的长短对于该问题有显著影响。

1.3.4 加工刀具跳动对于缸体表面质量的影响

由试验结果不难看出, 刀具的各项参数对加工表面质量的影响都是程度不同的, 本问题中, 刀具跳动对表面质量的影响不显著, 但刀具跳动涉及主轴与刀具本身的配合等关系, 同样也是影响加工表面质量的关键因素。

(1) 刀具产生径向跳动的原因

刀具径向跳动是不可避免的, 产生跳动的原因包括加工中心主轴部件的制造误差 (不可消除)、刀具 (含刀



图 2 不合格通孔表面

柄与刀杆) 不同轴以及刀具自身结构等。

(2) 改善刀具径向跳动的具体措施

1) 改变刀柄的夹持方式

传统的刀杆与刀柄装配主要采用侧面固定式, 由于夹持力在侧面且刀柄与刀杆间存在间隙, 因此刀杆相对于刀柄中心会产生一定的偏斜。为解决这一问题, 最佳方法是采用液压式刀柄或热胀式刀柄, 消除装配间隙, 同时, 夹持力分布均匀, 保证刀杆与刀柄的同轴, 可有效减小刀具的径向跳动。

2) 选择组合式刀具结构

传统的刀杆为一体化刀杆, 轴心具有较高的直线度, 但刀具较重, 自重将导致刀杆产生一定的挠度, 在加工中产生径向跳动, 使加工表面质量不理想。而选择组合式刀具结构, 能明显缓解这一现象。组合式刀具是根据实际加工需要由多节刀杆组装而成的, 每节刀杆之间采用热胀式刀柄、过盈配合, 所以刀杆自身同轴度很高。此外, 在满足刚度的条件下, 尽量减小刀杆直径, 这样既能减小自重和惯性力, 从而减小刀杆的径向跳动, 又便于排屑。

3) 刀头部分增设定位导向块

在采用中心钻定位设计时, 在刀头部分增设导向块, 可以防止刀具加工过程中因切削力不均而引起刀具跳动。

3 结论

用正交试验法对缸体加工表面质量进行研究探索, 对影响加工表面质量的各种主要因素进行研究。结果表

(下转第 23 页)



图 1 合格通孔表面

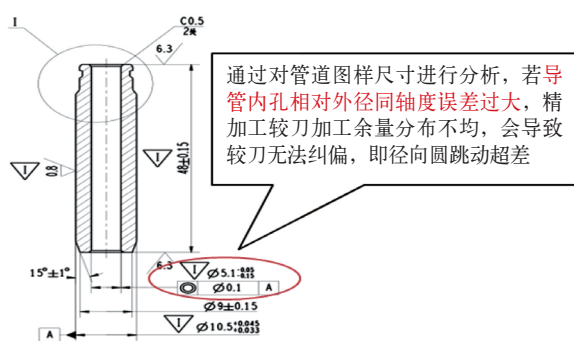


图6 导管尺寸

阀座成分对刀具刀片磨损及使用也具有一定的影响,如阀座整体材质不均匀产生较大砂眼及大颗粒,加工刀片磨损及崩刃可能性就会增加。阀座微量元素配比不同,整体硬度变化剧烈,刀片磨损也会加剧。

2.6 切削参数影响

阀座圆度尺寸对于阀座泄漏量有较大影响,该尺寸加工后一般要进行严格控制。通过生产验证,圆度与刀具转速、进给量及刀片材质等均有关系,一般 NC 程序编制中,阀座加工通过二截面刀片加工后停留一定时间达到圆整效果,同时也可有效控制加工后阀座表面砂眼、崩缺等缺陷。

2.7 尺寸位置影响

阀座密封面相对于导管孔轴线的径向圆跳动,也可以理解为同轴度,是导管阀座机加工的比较重要的一个尺寸要求。一般来讲,阀座本身直径大,刀具刚性相对强,在机床精度无问题时,阀座相对于基准的位置度比较稳定,波动范围不大,但是导管直径较小,导管铰刀长径比较长,精加工导管很容易受随着压装后导管毛坯的位置度影响,所以导管的底孔位置对于精加工阀座相对于导管轴线的径向圆跳动影响很大,为了更好地保证径向圆跳动尺寸,我们生产过程中一般会严控压装前导管底孔位置度,比较理想的底孔位置度是保证 0.1 mm 以内。

2.8 夹具设计影响

机床夹具对导管、阀座质量加工也有一定的影响,

如夹具工作原点相对于主轴端面过远,刀具整体设计过长,可能会出现刀具整体刚性不足,加工质量不佳。夹具本身夹紧力不宜选取过大,对于铝缸盖而言,夹紧力一般不超过 50 bar,夹紧力过大会使得缸盖在夹紧状态下发生变形,加工后夹紧力消失,缸盖导管阀座直径、圆度等相关尺寸会发生不良。另外如果夹具本身定位点设计不合理,夹具本身强度差,在加工导管、阀座过程中不能支撑所产生的切削力,整体加工工况会发生振动,阀座各截面也会产生振纹等问题,影响加工质量。

2.9 机床精度影响

导管阀座加工机床一般为缸盖机加线的关键设备,其精度要求应该是生产线中最高的,机床的主轴精度,如近端径向圆跳动、远端径向圆跳动,上母线、侧母线及动态平衡等机床参数需严格制定标准,并定期检测,保证设备状态最佳。

以上对一些比较典型的质量问题提供了解决思路及对策,对加工表面划伤、导管孔划伤、振纹等问题,也经过对导管阀座加工质量问题的总结,形成了导管阀座加工问题的解决流程。

3 结论

本文从导管、阀座的加工方案及尺寸影响的相关因素进行了系统阐述,大量的分析数据及试验结论来自于日常生产积累。对于现场问题的解决思路,经过整理归类形成了《缸盖导管阀座机加质量问题解决流程》,具体内容涵盖表面加工不良、加工尺寸超差两大类共 27 个具体问题,能够清晰地指导工艺方案规划及现场疑难问题解决。

本文根据十余年的现场研究经验,历时 2 个月系统整理分析所成,我们知道实践是理论与现实的完美结合,基于现场的缸盖导管、阀座的尺寸影响因素研究也会随着研究的深入,进一步完善相关反应机制及对策,反向对标准进行补充。

(上接第 19 页)

明,切削参数对铸铁缸体表面加工质量的影响仅在一定范围内有显著影响,而刀具长度、刀具跳动等对表面质量的影响较为显著,因此在保证切削条件、毛坯材料等在较合适水平时,适当提升刀具参数质量是很有必要的。

参考文献

[1] 许寒飞,何煦,李扬,等.正交试验设计(DOE)对

熔融混炼工艺参数的优化研究[J].信息记录材料,2021(22):10~12.

[2] 赵宝爱,杨晓东,李志鹏,等.机械加工表面质量的探究[J].内燃机与配件,2021(17):122~124.

[3] 李广,姚远,陈相旺,等.基于全因子 DOE 的机车抗蛇行减振器布置方式及参数优化[J].中南大学学报(自然科学版),2023,54(05):2074-2084.