

锥面过定位铰刀环系统及加工应用

李松磊

潍柴动力股份有限公司

摘要: 为解决生产加工中遇到的问题,结合模块式镗刀及铰刀的优点,提出了过定位铰刀环系统的解决方案。实际应用表明,该铰刀环系统可有效保证产品加工质量,提升加工效率,增强企业竞争力。

关键词: 孔加工;过定位;铰刀环;加工效率

中图分类号: TG713 +4;TH161.24 **文献标志码:** B **DOI:**10.3969/j.issn.1000-7008.2020.06.012

Over-positioning Reamer Ring System and Its Application

Li Songlei

Abstract: In order to solve the machining problem encountered by an enterprise, by combining the advantages of modular boring tools and reamers, an over positioning reamer ring system is put forward. The practical application shows that this reamer ring system can ensure machining quality, enhance machining efficiency and boost the competitive power of the company.

Keywords: hole making; over positioning; reamer ring; machining efficiency

1 引言

锥面定位式铰刀环的加工稳定性、快速换装便捷性、重复定位高精度以及高速高效加工能力等方面都非常出色,这些优点都是未来无人化生产对于未来刀具的急切需求。

柴油机零部件中有多款直径超过 100mm 的大孔需要加工。一般情况下,对于精度要求较高的孔加工,通常选择铰削或镗削工艺。铰刀作为整体成型刀具,通常采用整体和钎焊两种结构。大直径整体式铰刀的价格昂贵是因为此类刀具制造会耗费大量原材料,如果使用钎焊式结构铰刀,在刀体磨损后需更换整个刀具。而使用镗刀仍不能完美解决此类孔加工遇到的问题。

铰刀环作为新型多刃切削刀具,主要应用于直径 60mm 以上的精密孔加工。目前,铰刀环通常有 10~12 刃,在加工大孔径零件时,相比普通镗刀或其他种类刀具,具有多刃铰刀环会有更多的切削刃参与切削,能承受更高的切削参数,达到提高生产效率的目的。一般来说,铰刀环可达到镗刀的加工效率,且无需中途停机来调整尺寸,使用更便捷。

为解决企业生产中遇到的问题,结合模块式镗刀及铰刀的优点,本文提出过定位铰刀环系统的解决方案。

2 大直径孔精加工刀具类型

(1) 单刃镗刀

单刃镗刀的结构简单,参与加工的有效刃仅一个,在零件孔内单向受力(见图 1)。单刃镗刀在加工时易受力不均匀,极易产生振动,从而导致零件精度与粗糙度受损,进而引发工件报废,造成损失。

(2) 模块式双刃镗刀

针对单刃镗刀受力不均匀的情况,对双刃镗刀结构进行优化,在 180° 的对称位置安装另一个切削刃,在切削时所产生的切削力可以相互抵消(见图 2),从而解决了振动问题。由于双刃镗刀的调节要求较高,需相对轴线完全对称,所以一般需要专业的调试设备以及专业的刀具调试人员,否则容易出现刀具调整误差,导致切削受力不均而出现振动,最终造成零件报废。

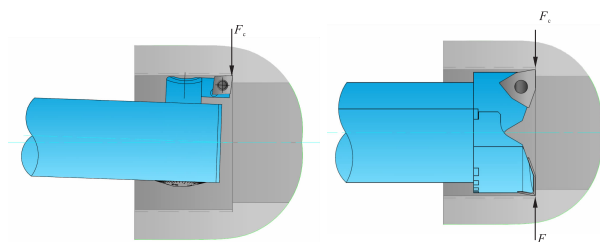


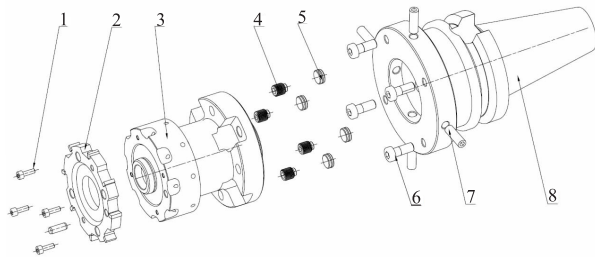
图 1 单刃镗刀受力分析 图 2 模块式双刃镗刀受力分析

双刃镗刀对机床本身的精度要求较高,若机床本身已存在精度损失,即使采用专业设备与专业人员进行调试,机床的精度损失也会导致双刃镗刀的两个切削刃在切削中处于非对称状态,最终使孔径

变大,造成零件报废。

(3) 锥面过定位铰刀环系统

结合模块式镗刀及铰刀的优点,提出了过定位铰刀环系统,其结构见图3。



- 1. 锁紧螺栓 2. 铰刀环 3. 补偿式法兰刀杆
- 4. 轴向调整顶丝 5. 调整垫块 6. 锁紧螺栓
- 7. 径向调整顶丝 8. 补偿式法兰 BT50 刀柄

图3 过定位铰刀环系统结构

采用图3所示的结构设计能有效降低使用成本。特别是加工大直径深孔时,常规刀具磨损后即报废,而使用过定位铰刀环系统只需更换铰刀环,铰刀刀杆能继续使用。而且一款铰刀刀杆可以通过模块组合,适配一定直径范围的铰刀环,达到不同孔径公差及深度的孔精加工要求。

锥面过定位铰刀环系统具有科学的刃部设计及高强度基体,可使该刀具在高速进给中稳定切削。过定位铰刀环系统是针对于大直径孔类精加工的高速、高效和高精度产品。

3 锥面过定位铰刀环系统原理

法兰刀体通过内六角螺钉安装在刀柄上,可根据机床主轴标准选用 BT、SK、HSK 等刀柄接口型式。通过刀柄的紧定螺钉对法兰刀体的凸台施加径向力 F_r ,调整径向跳动。通过法兰刀体的紧定螺钉对刀柄端面施加轴向力 F_a ,调整刀体的垂直度(见图4)。

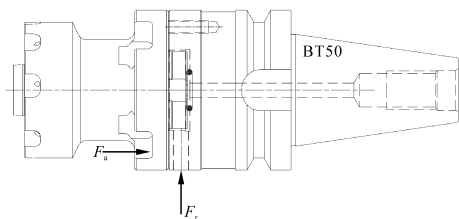


图4 补偿式法兰接口及调节位置

该结构可有效补偿机床主轴的跳动和误差,使刀具能更稳定地使用。调整后的刀具跳动量小于 0.005mm,满足高速铰削的应用要求。

铰刀环通过内锥孔与补偿刀体上的凸锥台配合定位,精度达到 0.003mm 以内。锥孔与凸锥台先接触,通过内六角螺钉锁紧,使锥孔持续对凸锥台施加

压力而产生过盈配合(过盈量为 0.002 ~ 0.005mm),直至铰刀环端面与补偿刀体的端面接触。锥面用于高精度定位,端面接触则可显著提升刚性。过定位连接见图5。

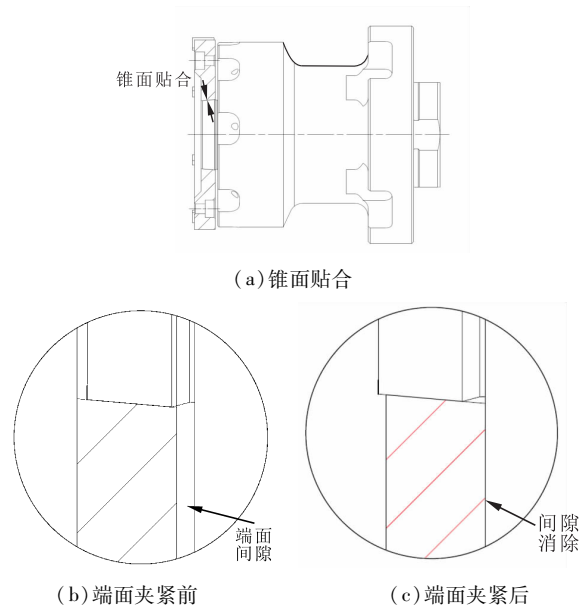


图5 过定位连接

4 变速箱壳体孔加工

变速箱壳体三维模型见图6,其材料成分见表1,需加工该零件上 D110 和 D150 两个大孔。

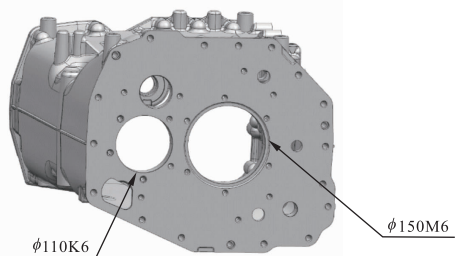


图6 变速箱壳体三维模型

表1 变速箱壳体材料成分 (wt. %)

材料牌号	C	Si	Mn	P	S
HT250	2.8 ~ 3.5	1.4 ~ 2.2	0.8 ~ 1.2	<0.15	<0.12

图7为使用某进口品牌4刃镗刀加工 D150 孔所用镗刀及专用调刀仪。



图7 4刃镗刀及调刀仪

根据以下公式计算镗刀的切削参数,切削线速度为

$$v_c = \pi Dn/1000 \quad (1)$$

式中, v_c 为线速度(m/min); π 为圆周率; D 为刀具直径(mm); n 为主轴转速(r/min)。

切削进给速度为

$$f = f_n n = f_z z n \quad (2)$$

式中, f 为进给速度(mm/min); f_n 为每转进给量(mm/r); f_z 为每齿进给量(mm/z); n 为主轴转速(r/min)。

切削时间为

$$t = L/f \times 60 \quad (3)$$

式中, t 为切削时间(s); L 为切削长度; f 为进给速度(mm/min)。

通过上式计算得出 D110K6 和 D150M6 两个大孔的加工参数见表 2。

表 2 4 刃镗刀加工参数

直径 D (mm)	线速度 v_c (m/min)	转速 n (r/min)	每齿进给量 f_z (mm/z)	齿数 z (个)	进给速度 f (mm/min)	单孔加工 时间 t (s)
110	100	290	0.06	4	90	37
150	100	121	0.06	4	51	65

每次使用前或更换刀片后均需重新调整和测量。在实际使用过程中,每次均由专业的调刀技师在现场进行调整。先将配件安装到位,并固定刀片。在调整过程中,需在专业对刀仪器上调节刀片轴向及径向尺寸,并在机床上检查刀具跳动,单次调整时间约为 45min。尽管如此,加工过程仍不够稳定,经常发生振刀现象导致粗糙度超差(见图 8)。

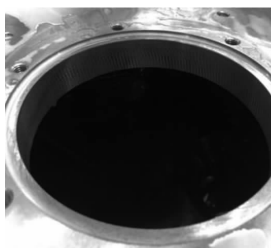


图 8 镗刀加工时不正确调刀导致的振刀现象

为解决现有镗刀的加工问题,采用过定位铰刀环系统加工 D110K6 和 D150M6 两个大孔。过定位铰刀环系统见图 9。采用过定位铰刀环系统的加工参数见表 3。加工后需进行粗糙度检测,见图 10。

表 3 过定位铰刀环系统加工参数

直径 D (mm)	线速度 v_c (m/min)	转速 n (r/min)	每齿进给量 f_z (mm/z)	齿数 z (个)	进给速度 f (mm/min)	单孔加工 时间 t (s)
110	120	350	0.1	12	420	8
150	120	254	0.1	12	305	13



图 9 过定位铰刀环系统



图 10 粗糙度检测

过定位铰刀环系统初次安装在机床上时仅需通过补偿机构消除机床主轴误差带来的偏差。后续仅需拆除固定螺栓,并在清理锥面及端面两个结合面后安装新铰刀环即可,平均每次换装时间不超过 10min。

5 结语

相比传统镗刀,过定位铰刀环系统无论在加工稳定性、快速换装便捷性、重复定位精度和高速高效加工能力等方面均非常出色,采用此类设计能有效降低使用成本。特别是在深孔场合下,常规刀具磨损后即报废,使用锥面定位式铰刀环系统仅需更换铰刀环,铰刀刀杆能长期使用,而且一款铰刀刀杆能适配一定直径范围的铰刀环,可以通过模块组合达到不同孔径及深度的孔精加工刀具。铰刀环为多刃切削刀具,加工时切削力平衡,刚性好,更换方便快捷,加工表面质量高,最优粗糙度可达 $R_a 0.2$,更换与孔规格匹配的铰刀环,且无需调整就能得到合格的零件。

参考文献

- [1]张旭亚,孙敏. 镗刀刀头数量对镗孔精度的影响及分析[J]. 机械设计与制造,2007(6):105-106.
- [2]陈建,巫兴胜,谢华锟. Big-Plus 主轴/刀柄接口径向刚度分析[J]. 工具技术,2019(9):68-69,74.
- [3]李如松. 双刃镗刀头[J]. 组合机床与自动化加工技术,1989(9):47.

作者:李松磊,潍柴动力股份有限公司,261061 山东省潍坊市

Author:Li Songlei, Weichai Power Co., Ltd., Weifang, Shandong 261061, China