

某型柴油机薄壁冷却水套加工工艺研究

江海滨

(安庆中船柴油机有限公司, 安徽 安庆 246005)

摘要: 针对某型柴油机薄壁冷却水套结构复杂、加工精度要求高的特点, 在分析了其加工工艺难点的基础上对加工工艺进行优化。在多次工艺验证的基础上总结出适合的加工工艺, 满足了该型柴油机薄壁冷却水套的设计加工要求, 并进入小批量生产阶段。

关键词: 柴油机; 薄壁冷却水套; 加工工艺; 优化

中图分类号: TK423.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2018)01-0038-02

Research on the Processing Technology of the Thin-Walled Cooling Jacket of a Certain Type of Diesel Engine

Jiang Haibin

(Anqing CSSC Diesel Engine Co., Ltd., Anhui Anqing 246005)

Abstract: Aiming at the complex structure and high manufacturing precision of thin-walled cooling jacket of a certain type of diesel engine, the processing technology was optimized based on the analysis of the processing difficulties. The appropriate processing technology was concluded based on processing certifications, which could meet with the machining requirements of this kind of thin-walled cooling jacket, and has been small-batch produced.

Key words: diesel; thin-walled cooling jacket; processing technology; optimization

0 引言

冷却水套通过缸头螺栓和柴油机机体、气缸盖连接, 其内壁与气缸套外壁构成环形空间, 冷却水直接与气缸套外壁相接触, 从而对柴油机气缸套、活塞、活塞环等受热零件进行冷却, 保证柴油机正常工作。目前, 柴油机正向着高强度、轻型化方向发展, 薄壁类结构设计被广泛应用。这种设计具有重量轻、节约材料、结构紧凑等特点; 但同时, 薄壁零件也具有刚性差、强度弱的特点, 在加工中极易产生变形, 导致零件的形位误差增大, 加工质量不易保证。在实际生产加工过程中, 通过对引起变形的根本原因进行分析, 制定对策, 优化工艺, 从而达到设计要求。因此, 对能达到薄壁件各项技术指标及稳定性要求的加工方法的探索是非常必

要的。

1 工艺分析

1.1 冷却水套结构特点分析

某型柴油机冷却水套设计如图1所示, 顶部中心大孔 $\Phi 372_{+0.089}^{+0.089}$ 尺寸公差较小, 该处壁厚仅 27 mm, 整体结构比较单薄, 零件刚性严重不足, 属于薄壁类零件。经分析: $\Phi 372$ 孔在加工过程中产生的径向力会造成让刀现象。径向力可通过下式计算:

$$F_p = C_{Fp} a_p^{x_{Fp}} f^{y_{Fp}} v^{\eta_{Fp}} K_{Fp} \quad (1)$$

式中: a_p 为背吃刀量, 取 0.5 mm; f 为进给量, 取 0.3 (mm · r⁻¹); v 为切削速度, 取 50 (m · min⁻¹); C_{Fp} 为被加工材料和切削条件的系数, x_{Fp} 、 y_{Fp} 、 η_{Fp} 为背吃刀量 a_p 的指数, K_{Fp} 为修正系

收稿日期: 2017-06-28; 修回日期: 2017-07-13

作者简介: 江海滨(1985-), 男, 助理工程师, 主要研究方向为柴油机零件机加工工艺, E-mail: gys@acd.cssc.net.cn。

数的积, 经查表 1.6-4^[1], 取 $C_{Fp} = 530$ 、 $x_{Fp} = 0.9$ 、 $\gamma_{Fp} = 0.75$ 、 $\eta_{Fp} = 0$ 、 $K_{Fp} = 1$ 。

计算出径向力约为 120 N。

利用有限元分析软件对水套的变形情况进行分析, 如图 2 所示。可以发现: 孔口处变形较大, 加工过程中须要加强控制。同时 $\Phi 372$ 的加工圆度误差也直接影响到 $2 \times \Phi 15_0^{+0.05}$ 孔和 $\Phi 16K7$ 孔的加工, 主要表现在对孔位置度 $\Phi 0.1$ mm 的影响。为此, 须对冷却水套的加工工艺做优化和技术研究。

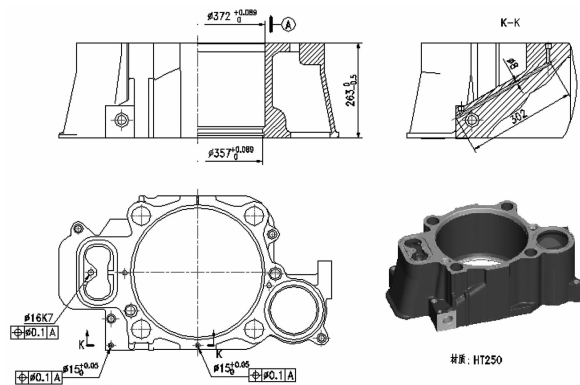


图 1 某型柴油机冷却水套设计



图 2 水套变形情况

1.2 工艺难点分析

从冷却水套的设计结构和精度要求分析, 该零件属于薄壁件, 易产生加工变形。中心大孔 $\Phi 372_0^{+0.089}$ 的加工是整个工艺的难点。要保证该产品加工精度必须解决以下难点:

(1) 基准面加工。经分析: 底面是其设计基准, 因此, 将该面作为加工过程的工艺基准面。该面的四周虽有一些凸缘部分增加刚性, 但相对中心大孔刚性还是不足; 为了避免造成后续工序的定位误差和装夹变形, 必须保证此面的平面度要求。

(2) $\Phi 372_0^{+0.089}$ 孔加工。通过对零件的结构特点分析可知: 工件在顶部孔口四周方向刚性不足, 在车床加工中心孔时存在让刀现象, 而且装夹时也容易产生装夹变形, 所以在车床精车 $\Phi 372$ 孔时不能利用卡爪夹紧工件, 应设计专用工装。

2 工艺技术方案

通过以上分析, 并结合现有加工设备能力, 制定出冷却水套加工难点的工艺方案。

2.1 基准面加工工艺方案

粗车后经自然时效处理, 消除粗加工后的残余应力。精加工时采用铣削工艺方案, 必要时互为基准反复铣削两平面, 保证大底面的平面度在 0.025 mm 范围内。

2.2 $\Phi 372_0^{+0.089}$ 孔加工工艺方案

设计车床专用工装, 以基准面定位, 在工件底部凸缘部位夹紧, 夹紧力的方向与工件轴向一致, 减少装夹变形。同时, 为减少因工装和工件接触面不平整而造成的装夹变形, 在工件夹紧点位置增加垫块, 减少接触面积, 避免大平面完全接触定位。

3 工艺验证

3.1 基准面加工工艺验证

通常, 类似于冷却水套这样的功能类零件, 其基准面都是通过磨削的方式形成。但是该型冷却水套属于薄壁件, 粗加工后的面一般都不平整, 在磨床的磁力作用下装夹工件, 工件将向下变形, 即使在装夹状态下将顶面磨平, 一旦松开工件, 由于材料的弹性变形, 顶面又恢复成原形。虽然可以通过互为基准反复磨削的方法解决, 但是这样不仅效率低, 而且还会增加加工成本。经分析采用铣削的方式加工此基准面。试切时采用高转速、低进给、低切削深度的方案, 加工完再经三坐标检测。结果显示: 这种加工方法能够很好地保证基准面的平面度在 0.025 mm 以内。

3.2 孔 $\Phi 372_0^{+0.089}$ 加工工艺验证

薄壁类零件须要根据其结构特点和工艺特点来制定合适、有效的装夹措施。立车工序设计的专用工装如图 3 所示。利用垫块定位, 采用压紧螺栓在基准面周边的凸缘位置夹紧工件, 这样既改变了夹紧力对工件变形的影响, 又避免了制造复杂工装带来的成本提高问题, 是一种方便有效的装夹方式。同时为了控制加工孔的圆度误差, 选用 $k_r = 91^\circ$, 刀尖 $R = 0.4$ 的车刀, 以减少背向力; 并采用较低的切削用量 ($a_p = 0.3$ mm、 $f = 0.2$ (mm · r⁻¹)、 $v = 45$ (m · min⁻¹))。经实际切削验证, 该孔的圆度能控制在 0.01 ~ 0.015 mm 范围内, 满足产品和工艺要求。

(下转第 50 页)

油泵单独工作) 没有影响。

2.2.3 处理措施

故障二一般不会自行恢复, 必须拆卸检查修理并重新安装气缸断油装置。这里有一个简单判断是否是气缸断油装置动作不顺畅造成转速不稳定的方法, 即在转速波动时, 拧松将气缸断油装置固定在Ⅱ号喷油泵上的三只螺栓, 用手托住气缸断油装置并在上下左右方向做微量调整, 如果在某一个位置转速稳定了, 就说明找到问题所在。虽然气缸断油装置对安装位置要求很高, 但设计制造时并未提供精确的定位安装结构, 要通过三只螺栓孔的间隙和在与喷油泵接触的端面处加薄垫来调整。所以安装时要进行多次试验, 直到找到最理想的位置。

(上接第39页)

3.3 基准孔 $\Phi 372_0^{+0.089}$ 找正

加工孔 $2 \times \Phi 15_0^{+0.05}$ 和 $\Phi 16K7$ (如图1所示) 时须找正基准孔 $\Phi 372$ 的位置, 虽然可将该孔的圆度误差控制在 $0.01 \sim 0.015$ mm 范围内, 但探头本身就有 $0.02 \sim 0.04$ mm 的找正误差, 这样很难保证孔位置度 $\Phi 0.1$ mm 的要求。经分析: 先采用探头粗定基准孔位置, 然后再用传统的盘表法修正孔位, 这样既提高了盘表的效率, 又提高了找正基准孔的准确率。

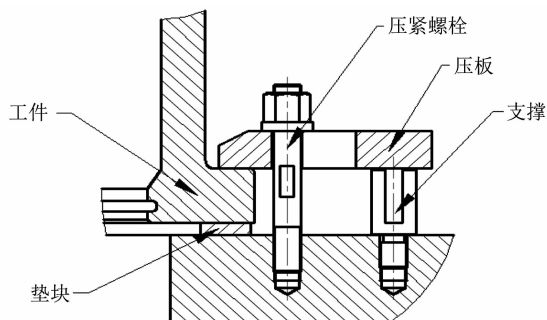


图3 立车工序设计专用工装

3.4 测量基准统一

尽管对冷却水套的加工工艺做了很大的优化, 但是基准孔 $\Phi 372_0^{+0.089}$ 在直径方向还是有 $0.01 \sim$

3 结 论

通过对 MTU396 柴油机转速波动两种不同故障现象的分析及处理, 确定故障的原因为以下两个方面: 一, 空车断缸时齿条位移受限, 柴油机转速达不到 $600 (r \cdot \min^{-1})$, 使断缸和全缸工作状态反复循环, 导致波速, 调整齿条“0”位后故障排除; 二, 气缸断油装置安装对中不好, 造成接排后转速不稳定, 调整安装位置后故障排除。在近几年批量修理的该型柴油机中, 因气缸断油装置故障造成的柴油机转速波动问题按上述方法均得到有效处理, 跟踪使用情况良好。

0.015 mm 的圆度误差, 这样在检测孔 $2 \times \Phi 15_0^{+0.05}$ 和 $\Phi 16K7$ 的位置度时就存在很大的误差。为了避免这一问题, 在三坐标检测时, 设置探头在基准孔内的取点位置和盘表找正的取点位置一致, 减少基准不统一造成的测量误差。

在多次工艺验证的基础上, 并结合高精度的三坐标检测设备, 开发的三件冷却水套全部合格, 并得到客户认可, 现已进入小批量生产阶段。

4 结 论

薄壁类零件因具有重量轻、节约材料、结构紧凑等特点被广泛应用在机械设计领域, 同时也给机械加工带来挑战。通过对某型薄壁冷却水套的加工工艺研究, 并在试切过程中对零件的装夹、刀具选择等方面进行优化, 解决了零件在加工过程中出现的变形问题, 使零件的加工精度得到了保证, 可为今后类似的薄壁类零件加工提供参考。

参考文献

- [1] 王先逵. 机械加工工艺手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2006.