

连杆小头球面加工新方法

徐荣荣, 段宗江, 邵徐斌, 王 科

(宁波中策动力机电集团有限公司, 浙江 宁波 315032)

摘 要: 对柴油机连杆小头球面加工的几种方法进行了比较分析。从加工效率、加工质量以及企业的实际情况出发, 批量化生产选用 THK6111 数控卧式镗铣床和专用夹具的加工方案, 最终实现连杆小头球面的粗精加工, 尺寸及表面粗糙度均达到要求。该方案有效利用了工厂现有设备, 节约了生产成本。

关键词: 连杆; 球面加工; 工艺

中图分类号: TK422

文献标识码: A

文章编号: 1001-4357(2013)02-0046-03

The New Machining Method for Spherical Surface of Connecting Rod's Small End

Xu Rongrong, Duan Zongjiang, Shao Xubin, Wang Ke

(Ningbo C. S. I. Power & Machinery Group Co., Ltd., Zhejiang Ningbo 315032)

Abstract: Varied methods for spherical surface processing of the small end of connecting rod were compared and analyzed. Then during the mass production, THK6111 CNC horizontal boring machine and special fixture were selected for machining, so as to get better machining efficiency and quality based on the company's actual condition. Ultimately, the rough machining and finish machining of the small end's spherical surface was completed, with the dimension and surface roughness all achieved the requirements. This machining program has the advantage of using the existing equipments and thus could reduce the production cost.

Keywords: connecting rod; the spherical surface machining; technology

0 引 言

宁波中策动力机电集团有限公司是生产船用中速柴油机的专业厂家, 随着近几年公司不断开发新款大功率柴油机, 尤其是改进某型柴油机, 对柴油机提出了更高的性能指标, 这对柴油机运动连接部件提出了更高的要求。连杆和活塞作为柴油机重要的运动件, 其受力状态和润滑状态极为复杂, 为此公司研发了新型连杆, 而该新型连杆最大的改进是: 取消了连杆通过活塞销向活塞冷却腔供油的传统方式, 而是采用连杆小头油孔通过导油管以球面

贴合运动的方式向活塞冷却腔直接供油。该供油方式相比传统方案提高了活塞的强制冷却能力, 从而提高了大功率柴油机运行的可靠性。

1 加工方案描述

新型连杆材料为 42CrMoA 模锻件, 该连杆的加工相比之前的连杆加工最大区别是: 连杆小头需要球面加工(见图 1)。球面半径为 SR82, 表面粗糙度要求为 1.6, 根据公司现有的加工设备和工艺装备, 放弃了选用数控车车削球面方案, 剩下两种方案可供选择, 即等高线切削球面法和球面范成法。第一种方案为利用 CAM 软件生成球面加工的

刀路程序，选用现有的卧式加工中心和圆弧立铣刀对连杆小头面进行等高线逐层切削，从而完成球面加工。第二种方案为利用数控卧式镗铣床和圆弧套式立铣刀，对连杆小头按照圆轨迹切削，从而完成球面加工。两种方案均可以实现球面加工。

2 加工方案分析和设计

下面根据实际加工情况选取了两个典型加工方案，分析两种方案的具体实施状况和各自利弊。

2.1 原方案

该连杆试生产阶段采用等高线切削球面法，选用直径为 32 的圆弧立铣刀(见图 1)，在 HTM-63H 卧式加工中心上找正并加工。由于该球面加工图形较为简单，可以直接在 mastercam 软件中建模设置，并直接在该软件中导出刀路程序段，并修改若干代码，最终形成数控加工程序。具体方法是用圆弧铣刀从连杆小头球面最外圈切入，XY 两轴联动加工，然后逐层扫圆切削，Z 轴递增向右端油孔中心靠拢，最终铣削整个球冠面(类似模具加工方法)。实际切削效果，接刀纹比较明显，加工后需要用电动抛光机和金相砂纸打磨，才能满足产品使用要求。由于该方案的切削效率较低，影响了产品的批量化生产，最终该方案只是作为样品试制的工艺方案。

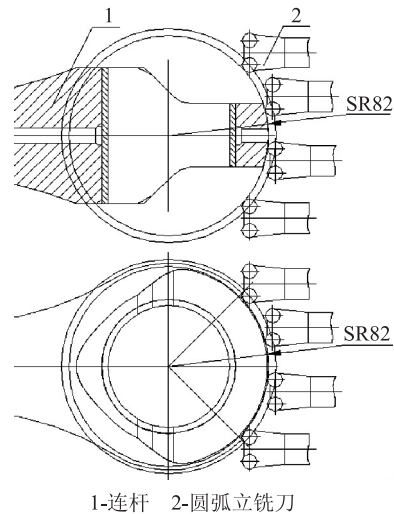


图 1

2.2 新方案

新方案是利用 THK6111 数控卧式镗铣床，采用球面范成法实现球面切削加工。该方案的零件布置装夹方式同原方案基本相同，并为其设计了整套夹具，选用了一把成量圆弧套式立铣刀，刀心距为 68，刀片直径为 12。该加工方案首先将夹具放置在工作台上放平，找正夹具和定位柱坐标(图 2)，然后装上工件靠位压紧。由于机加工采用了宏程

序，所以加工球面中心和工作台旋转中心无需重合，方便了夹具摆放。加工时先将机床工作台(B 轴)沿着逆时针旋转 20°，然后用 B 轴沿着按顺时针进给至 40°，与 XZ 轴形成三轴联动，由此往复几次进刀，从而完成连杆小头球面粗精加工，尺寸要求及表面粗糙度均已达到图纸要求，而且加工效率比较高，证明该方案切实可行。

2.3 刀具选用要点

刀具选用也是本次切削加工的重点，为了完整加工该连杆球面，优先选用圆弧铣刀，刀具刀心距稍大于球面厚度 52，即可实现完整切削，不至于球面范围过切，同时节约了刀具成本。初选刀具方案时，选择了山特维克圆弧刀片面铣刀，订货号为(R200-068Q27-12L)，该刀具规格样式很适合本次切削加工，但是综合考虑成本，予以放弃。根据实际切削参数和机床装备，最终选择了成量的 5 齿可转位圆弧套式铣刀(IRE80)和刀片 PRMW1204M0，在精加工切削参数(S1500，F500)状态下，该刀具表现良好，切削效率和加工质量均满足图纸要求。

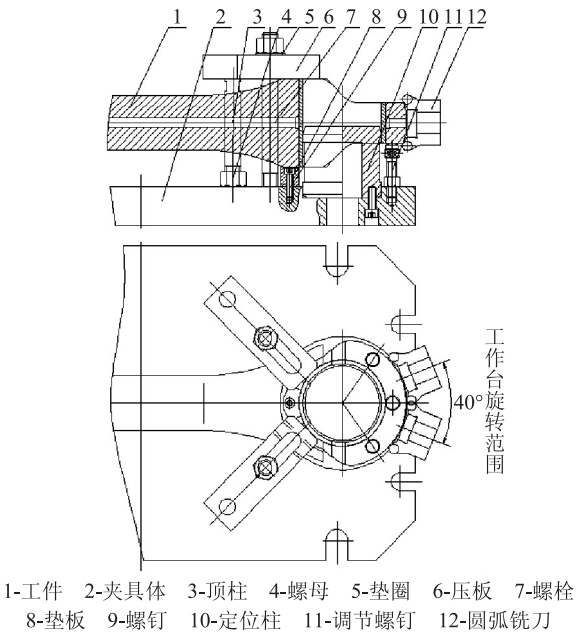


图 2

3 新旧案比较

两种方案的优缺点比较见表 1。

表 1 新旧方案优缺点比较

特性	节拍 /(min/件)	表面粗糙度 Ra/μm	加工成本 /(元/件)	综合 效益
旧方案	50	6.3	120	100%
新方案	25	1.6	60	250%

从表 1 可看出,两种方案的优缺点较为明显,新方案较旧方案在效率上和加工质量上都有质的飞跃,从而实现加工成本的大幅下降,因此新方案取代了旧方案,成为新连杆该工序的批量生产方案。

4 新方案宏程序编写

新方案的宏程序如下。

```
O0000
O2101
  #501=Sin [#18] * #3      X 轴坐标值赋值
  #502= Cos [#18] * #3     Z 轴坐标值赋值
M99
#3=86.2                    粗加工
#4=82                      精加工
#7=1000 (S)                粗铣转速值
#8=700 (F)                 粗铣进给值
N1 IF [#3 LT#4] GOTO2      加工完成条件语句
  IF [#3 LT82.2] THEN      精加工条件语句
    #7=1500 (S)            精铣转速值
    #8=500 (F)             精铣进给值
    #18=19                 B 轴起始角度
    #3=82
    G65 P2101 R#18 C#3      主程序段
    G65 P9002 X#501Z#502 W-50 I55J59R#18
    M65 G90 B#18
    G90 G0 G55 G43 X0 Y0 W0 Z100 H119 S#
```

```
7M3 Z2#18=#18+1
G65 P2101 R#18 C#3
G65 P9002 X#501 Z#502 W-50 I55J59R#18
G1 G55 X0 Z0 B#18 F#8
#18=#18-0.1
N3 IF [#18 LT [-20]] GOTO4 B轴控制程序
G65 P2101 R#18 C#3
G65 P9002 X#501 Z#502 W-50 Z-55
I55 J59 R#18
G1 G55 X0 Z0 B#18 F#8
#18=#18-0.1
GOTO3
N4 G90 G0 Z300.            粗加工程序段
#3=#3-1
GOTO1
N2 M55                      程序收尾
G91 G28 Z0 W0 M19
M30
```

5 结 论

通过分析研究连杆小头球面加工新旧方法的技术原理和实际加工效果,以及两种方案的最终技术比较,最终新方案由于高质量、高效率而胜出。该方案为球面加工提出了一种新的解决思路,有效地利用了工厂现有的设备,不至于造成重复投入,节约了生产成本。

(上接第 33 页)

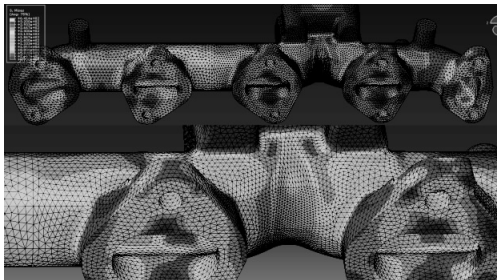


图 13 SF2 方案热应力分布图

3 结论及建议

(1) 排气歧管开裂故障可能的原因很多,需要分析铸造缺陷、材料化学成分、硬度及金相组织等是否符合设计要求;同时也要分析排气管温度、热

应力以及是否与发动机发生共振等。

(2) 三个方案下排气管温度场分布相似,最高温度非常接近(约 625 ℃),低于排气管材料许用温度(760 ℃)。

(3) 该排气歧管开裂是由于排气歧管热应力过大(324 MPa)所致。改进后 sf1 方案排气歧管故障相应部位的热应力为 160 MPa,降低约 50%;该方案不需改内模,不改变管内排气流动,建议采用。sf2 方案排气歧管故障相应部位的热应力为 214 MPa,降低约 30%,但该方案需改内模,且会使气流对冲加剧,影响增压器性能,因此不建议采用。

目前, sf1 方案已经成功得到可靠性试验验证。