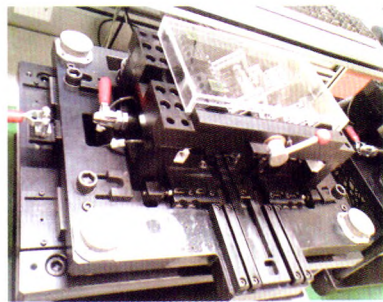


滚柱滑座内型腔加工和检测方法

■ 大连高金数控集团有限公司 (辽宁 116620) 吕 祎 张广明

摘要：本文从滚柱滑座毛坯和内型腔面的切削工艺入手进行研究，采用精锻成型的方法，减少滑座毛坯的质量和内型腔加工余量，并对普通铣削和磨削工艺进行优化，在滑座内型腔面的加工和检测中，总结出一套合理、可行的工艺方法。



作为直线导向元件的滚柱直线导轨副，以其刚性好、精度高、速度快、磨损低及载荷大等显著特点，成为大型精密数控机床和龙门加工中心必备的核心功能部件。滑座组件是滚柱直线导轨副产品的主体部分（见图1），

内型腔面的精度要求较为严格，其内侧滚道滚动面的加工非常重要。尽管国内已有多年的加工经验，但仍存在加工难度大、效率低、生产周期长和成本高的问题。本文从滑座毛坯以及内型腔面的铣削和磨削工艺入手，对我公司LR45法兰型标准滚柱滑座加工工艺进行优化和改进，最终确定准确、合理和可行的加工和检测方法，满足了大型精密数控机床快速发展的需求。

1. LR45法兰型滚柱滑座结构

LR45法兰型滚柱滑座材料

为20CrMnMo，化学成分为C：0.17%~0.23%、Si：0.17%~0.37%、Mn：0.90%~1.20%、Cr1.10%~1.40%以及Mo：0.90%~1.20%。热处理制度为：成品渗碳深度1.1~1.3mm，成品淬火硬度60~62HRC。成品结构、尺寸如图2所示。

2. 优化毛坯工艺

优化前采用普通锻造的矩形毛坯，加工余量大、制造周期长，材料利用率低。优化后重新设计产品毛坯图样（见图3），采用精密模锻的方法，一料多件，精锻成形，使得滑座形状在毛坯状态中已初步形成，克服了原矩形毛坯存在的不足。经过正火处理，消除内应力，硬度达到185~220HBW，滑座毛坯质量和内型腔加工余量大幅减少，降低了制造成本，取得了显著的经济效益。

3. 滑座内型腔的铣削加工

（1）线切割法。用线切割机床粗切割成形内型腔面，成本高、效率低，基本上不予以考虑。

（2）普通铣削法。铣削方

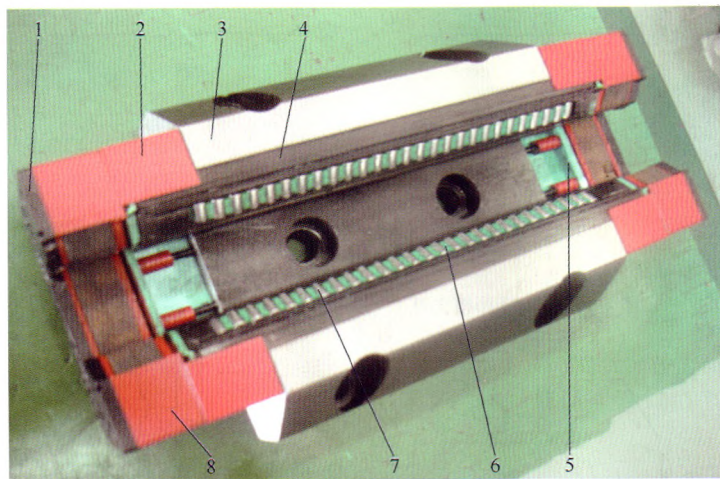


图1 法兰型滚柱滑座组件结构

1. 密封端盖 2. 返回循环系统 3. 滑座 4. 密封底片
5. 减振密封垫 6. 隔离保持架 7. 滚动体 8. 自润滑板

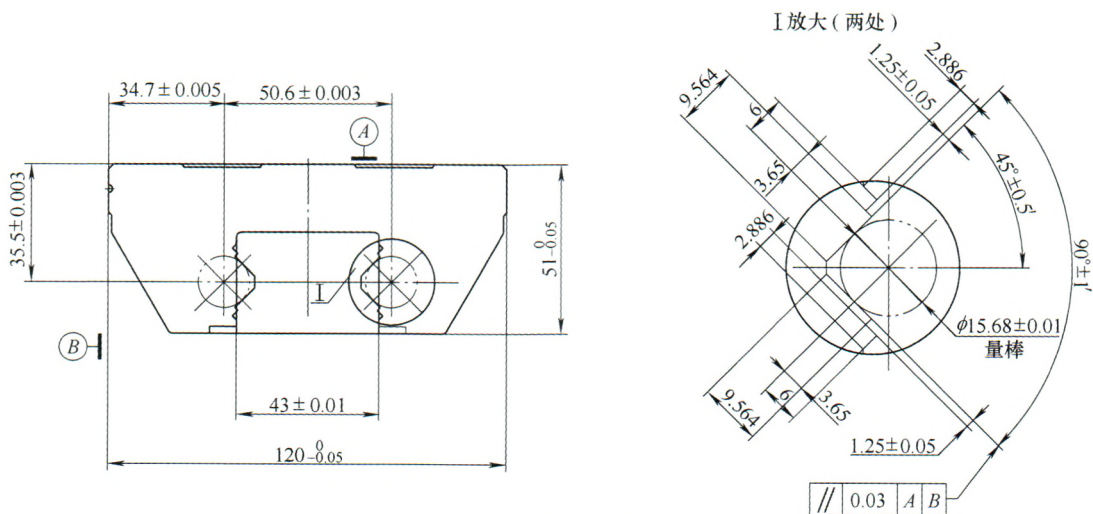
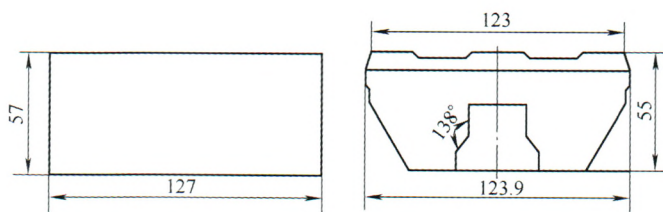


图2 法兰型滑座成品

案：将复杂的结构截面形状分解，再结合结构截面的相关位置、尺寸大小及精度情况，参照外形尺寸，逐步形成各铣削单元。在一次装夹中完成滚柱滑座内型腔的铣削加工。而且设计基准、工艺基准和测量基准相统一，这样以来，减少了定位、装夹及测量误差，加工精度和加工质量得以提高，降低了废品率，生产效率及产能得以提高。铣削工步：①用长刃立铣刀铣削凹槽及上端凹槽、各台阶，如图4所示。②用T形槽铣刀铣削T形槽、下端各台阶，如图5所示。③用上、下45°角度铣刀铣削上、下斜面，如图6所示。④用复合精成形铣刀铣削内型腔面，如图7所示。加工共采用5种专用铣刀。定位及装夹：在VDL1000精密立式加工中心机床上，用液压虎钳作夹具进行夹紧。采用逆铣方法，编写加工程序，存于数控系统中。

铣削前工件外形尺寸：120mm×51mm×520mm，其中120mm×51mm四面留放磨量，一料5件。以A、B基准面定位，D



(a) 优化前毛坯 (b) 优化后毛坯
图3 滑座毛坯优化前后对照

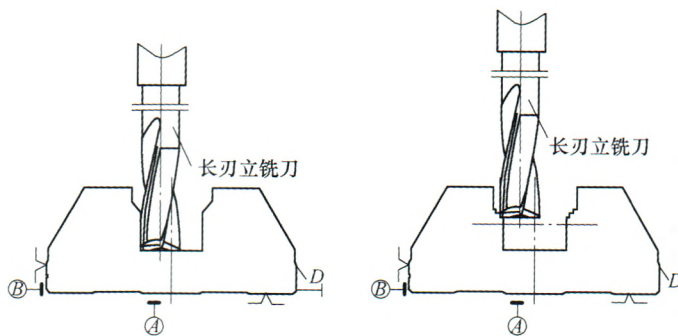


图4 铣削凹槽及上端凹槽

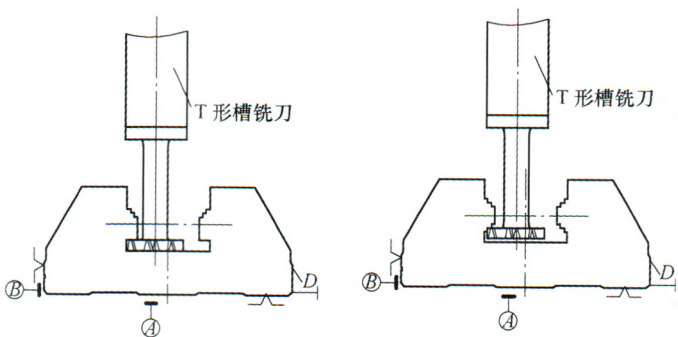


图5 铣削下端T形槽及下端台阶

面夹紧并校正，用乳化液进行冷却，在一次装夹中完成滑座内型腔表面的铣削加工。铣削工步及切削参数如表1所示。

测量原理及尺寸测量：因最后采用复合成形精密铣削加工，所以必须保证成形铣刀截形与工件最终截形完全吻合，并考虑冷加工和渗碳、淬火的影响。用分度值为0.02mm、测量长度范围0~125mm的游标卡尺，采用手工检测方法，选择截面形状中的两侧对称位置进行间距测量。数据结果表明，普通铣削方法虽然符合本工序尺寸要求，但型腔面的尺寸一致性差，磨削余量不均匀，生产效率较低。

(3) 优化后的铣削方法。

铣削原理：采用顺铣的加工方法（见图8）。采用复合可转位硬质合金铣刀（见图9），齿数 $z=3$ ，槽间角 $\theta=50^\circ$ ，法向前角 $\gamma=5^\circ$ 、后角 $\alpha=10^\circ$ ，共计7块刀片加工不同部位。刀体材料为合金结构钢40CrNiMoA，调质处理，硬度280~300HBW；BT40锥柄表面再经渗氮、淬火，硬度50~55HRC；刀片材料为硬质合金加涂层。将该铣刀装上拉钉后，直接装在机床圆盘刀库上，加工时由机械手装在机床主轴的锥孔内即可。

经过切削试验，铣削前工件外形尺寸为120mm×51mm×520mm，其中120mm×51mm四面留放磨量，一料5件。测量结果为：两侧形面以中心对称，对称度0.03mm，余量均匀。直线度0.03mm/520mm，两端槽口尺寸相差0.03mm，表面粗糙度值 $R_a=1.6\mu\text{m}$ ，符合本工序试验铣削尺寸要求，切削试验获得成功。

表2所示为优化后的铣削工步及切削参数。

优点：在立式加工中心机床上，用液压虎钳夹紧滑座。设计专用的精成形铣刀进行铣削，在

一次装夹中完成内型腔面的全部加工，各放磨面尺寸一致性好，余量均匀。使用刀具的数量由原来的5把减少为1把。刀柄为BT40锥柄，与刀刃部分做成一体，减

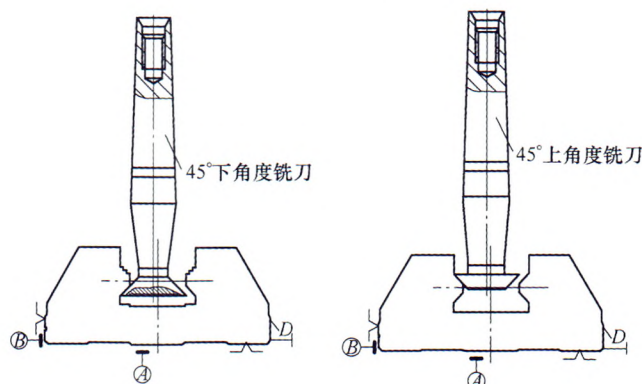


图6 铣削下端及上端45°斜面

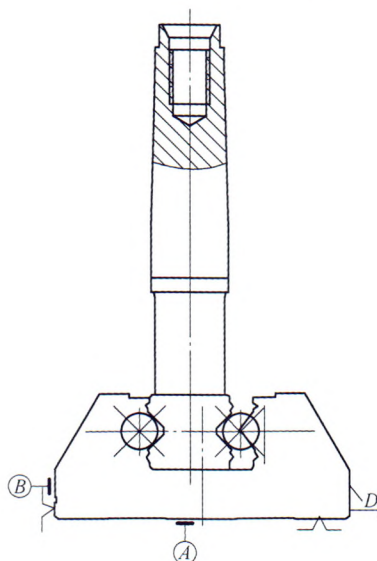


图7 复合铣削内型腔面

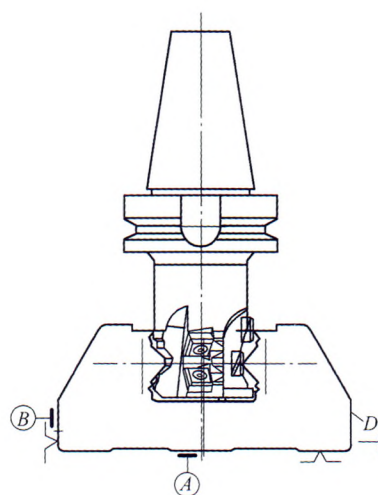


图8 精成形铣刀铣削原理

表1 铣削工步及切削参数

序号	工步名称	刀具名称	转速 $n/(r\cdot\text{min}^{-1})$	进给速度 $v_f/(m\cdot\text{min}^{-1})$	总节拍/ min
1	铣削凹槽、台阶	长刃立铣刀	620	90	150
2	铣削T形槽、台阶	T形槽铣刀	260	72	
3	铣削上、下斜面	45° 角度铣刀	260	72	
4	成形铣削内型腔	复合精成形铣刀	310	50	

表2 优化后的铣削工步及切削参数

序号	工步名称	刀具名称	转速 $n/(r\cdot\text{min}^{-1})$	进给速度 $v_f/(m\cdot\text{min}^{-1})$	节拍/ min
1	粗铣削内型腔面	可转位复合硬质合金精成形铣刀	720	45	20
2	精铣削内型腔面		800	70	10

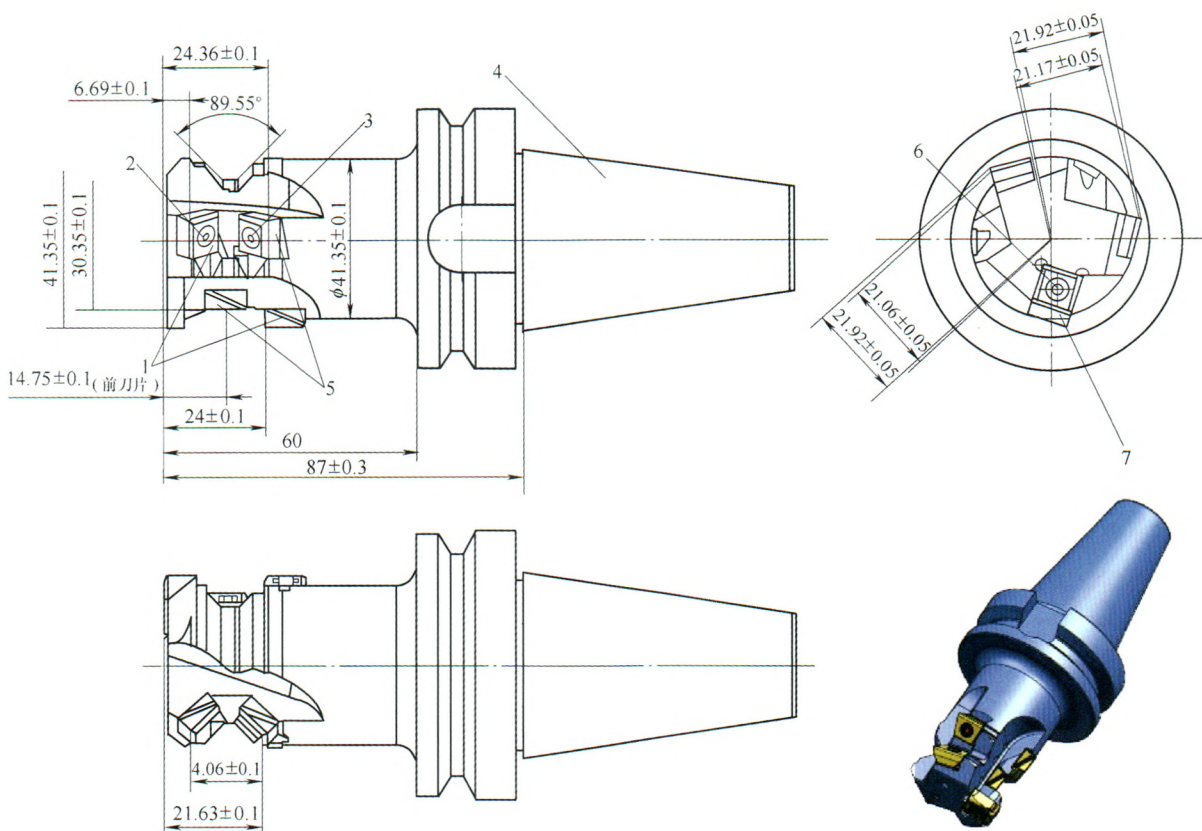


图9 可转位复合硬质合金精形成形铣刀

1. 刀片2 2. 螺钉3 3. 螺钉1 4. 刀柄 5. 刀片1 6. 螺钉2 7. 刀片3

少换刀时间，精度更高，装夹方便，刀具成本降低。加工节拍由原来的150min减少为30min，效率提高80%。

4. 滑座内型腔的磨削加工

(1) 传统的磨削方法。使用成形砂轮对淬火后的滑座内型腔面进行磨削加工，需要先修整砂轮的形状与内型腔面吻合，将装有单笔金刚滚轮的砂轮修整器安装在专用机床的工作台上，金刚滚轮修整砂轮的动作通过机床的经济型数控系统来控制。保证砂轮的尺寸一致性。由于淬火产生的变形影响，磨削后的滑座内型腔面存在精度低、误差大及废品率高的问题，且生产周期较长。

(2) 优化后的磨削方法。采用成形磨削方法（见图10），利

用左、右两端等高磨头的前、后相位之差，实现差动磨削。

施工过程中选用意大利精密数控磨床和电永磁吸盘夹具，一次装夹多件滑座进行磨削，发挥机床的最大加工能力。选取粒度80、硬度为G、组织号为12的大气孔砂轮（见图11）。通过专用

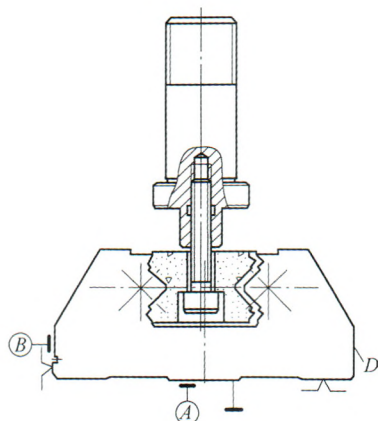


图10 成形磨削原理

的磨杆和螺钉，将砂轮安装在滑座磨床的两个立式磨头上。使用高精度的金刚滚轮（见图12），安装在数控修整器上。开启两立式磨头、修整器和磨削液，修整砂轮，并对砂轮进行自动平衡。以A、B基准面定位，校正，一次装夹8件滑座，用电永磁吸盘吸牢A面，开动机床工作台，优化粗磨、半精磨、精磨和光磨四个工步，设定最佳切削参数（见表3）。

在保证磨削精度（ $\pm 0.003\text{mm}$ ）的情况下，磨削滚柱滑座内型腔滚动面至成品要求。大幅度提高了生产效率。

5. 优化滑座内腔面检测方法

在滚柱型滚动直线导轨副

中，对滑座内腔滚道的加工精度有很高的要求，其位置度、轮廓度误差在0.003mm之内，检测精度与检测效率直接制约产品质量与产业化水平。

检测原理及方法：由于滑座

内型腔结构形状复杂，检测相当困难。我公司与某自动检测装置制造商联合开发了滚柱滑座精密数控自动检测装置（见图13）。检测装置的重复性为0.000 56，真直度为0.001 1mm，检测速度

10s/件左右，并能打印检测数据报告。现已用于滚柱滑座大批量生产中，真实、高效地反映了滑座的加工精度和加工质量，取得了良好的经济效益。

检测装置采用绝对测量方法，完成滚柱滑座内型腔面精度的检测。检测过程为：清理工件、检测装置工作台，以A、B基准面定位，校正，D面夹紧。检测滚柱滑座滚道滚动面的精度，打印检测数据，做好质量档案并编号，备装配选择。

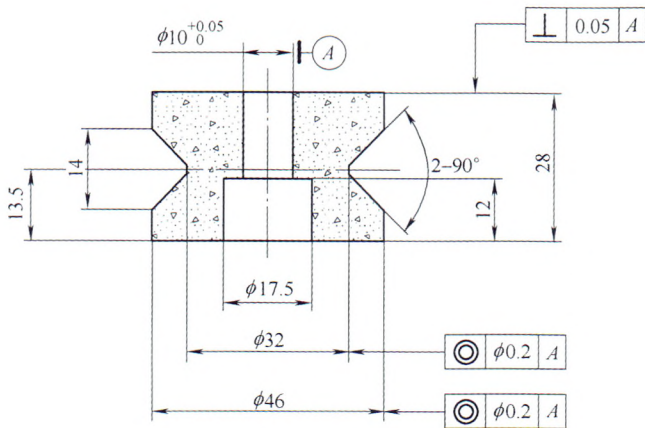


图11 LR45法兰型滑座用砂轮

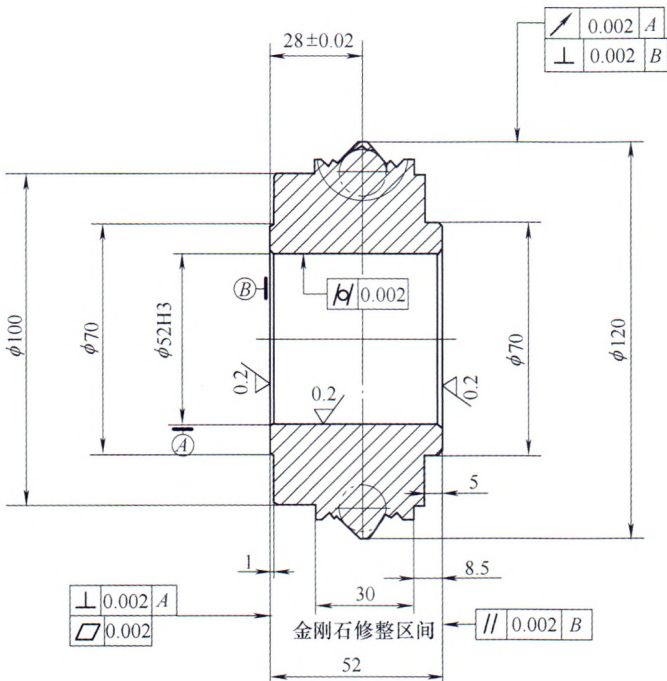


图12 滑座用金刚滚轮

表3 最佳切削参数表

序号	名称	砂轮线速度 $v/$ ($\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$)	进给速度 $v_f/$ ($\text{mm}\cdot\text{min}^{-1}$)	切削深度 a_p/mm
1	粗磨	35	20 000	0.008
2	半精磨	35	15 000	0.005
3	精磨	35	10 000	0.002
4	光磨	35	8 000	0

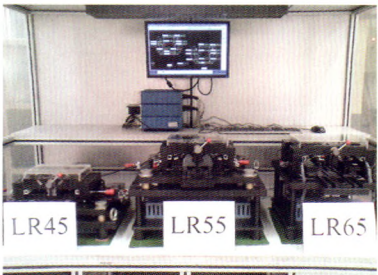


图13 滚柱滑座内型腔面精度检测装置

6. 结语

优化前的滚柱滑座采用普通锻造的矩形毛坯，加工量大、制造周期长。内型腔加工中使用的普通铣削和磨削方法，检测结果虽然符合要求，但效率较低。优化后的滚柱滑座采用精密模锻毛坯，减少了毛坯质量和内型腔加工余量，提高了材料利用率；优化后的铣削方法在原有工艺基础上进一步减少了专用刀具的数量和换刀次数，提高了加工质量；优化后的磨削方法在磨削工步及切削参数、金刚滚轮和砂轮方面进一步升级改进，为生产出高精度产品打下了坚实的基础；优化后的检测方法利用先进的数控机床和精密测量技术，方法准确、合理可行，是保证产品质量的先

低温升蒸汽压缩机轴承箱加工工艺

■ 江苏金通灵流体机械科技股份有限公司 (南通 226001) 陆雪梅

摘要: 对测量、设备、刀具、定位及变形等因素进行分析,通过试制确定了低温升轴承箱加工工艺方案,最终加工出符合要求的产品。



轴承箱是风机传动组的主要组成部分,一般采用铸铁件,铸件质量须符合JB/T 6887—1993风机用铸铁件技术条件。其形状复杂,工艺难度大,精度要求高。尤其是轴承孔的尺寸精度和同轴度,对于风机运行的可靠性至关重要,应作为质量管理点予以监控。

1. 通风机机械运转试验内容和要求

(1) 机械运转试验应按GB 13275—91规定执行,风机应在无载荷情况下起动。连续运转

时间在轴承温升稳定后不得少于20min,在轴承表面测到的轴承温度一般不得高于环境温度40℃。

(2) 轴承部位的振动速度有效值不得超过6.3mm/s,符合JB/TQ 334—87通风机振动精度规定。

2. 通风机运转中主要故障

通风机运转中的主要故障有:①轴承箱剧烈振动。②轴承温升过高。③电动机电流过大和温升过高。

决条件。优化后的加工和检测方法,以提高滚柱滑座的产品质量和生产效率为目标,取得了显著的经济效益。

参考文献:

- [1] 杨叔子. 机械加工工艺师手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2001.
- [2] 曾正明. 机械工程材料手册[M]. 北京:机械工业出版社, 2003.
- [3] 王先逵. 机械制造工艺学[M]. 北京:机械工业出版社, 2006.

[4] 锻压技术手册编委会. 锻压技术手册(下册)[M]. 北京:国防工业出版社, 1988.

[5] 田长生. 金属材料及热处理[M]. 西安:西北工业大学出版社, 1985.

[6] 徐学林. 互换性与测量技术基础[M]. 长沙:湖南大学出版社, 2007.

MW (收稿日期:20170209)

专家点评

文章针对滚柱滑座的加工特征,在原有工艺的基础上进行优化和完善,寻求更好的加工和检测方法。首先采用精密模锻毛坯替代原有的矩形方坯,减少了毛坯质量和加工余量,其后在内型腔面加工中优化传统的铣削方法,在立式加工中心上,设计专用的复合精成形铣刀进行铣削,提高了生产效率。