

复杂轴类零件以车代磨工艺

李刚, 雷发林, 徐英杰

山东日照市七星汽车部件有限公司 山东日照 276800

摘要: 针对复杂轴类零件的加工难点, 选用刚度好的斜床身数控车床, 设计定位稳定性好的工装, 采用合理的刀具和切削参数, 选择合适的切削冷却方式, 实现了对复杂轴类零件采用以车代磨工艺进行大批量加工, 获得了良好的加工质量和经济效益。

关键词: 复杂轴类零件; 斜床身数控车床; 以车代磨; 工装; 刀具

1 序言

轴套类及盘类产品主要用车床加工。对于单一直轴的车削加工较为简单, 精度比较容易保证; 对于复杂轴类零件的大批量加工, 若想达到几何公差及加工表面粗糙度要求, 则难度较大。

2 复杂轴类零件加工工艺分析

某复杂轴类零件尺寸及技术要求如图1所示。零件材质为40Cr钢, 调质处理后的硬度为28~34HRC, 大轴承位至端面中频淬火。大批量加工这类产品轴部的传统工艺为: 铣端面打中心孔→粗车→

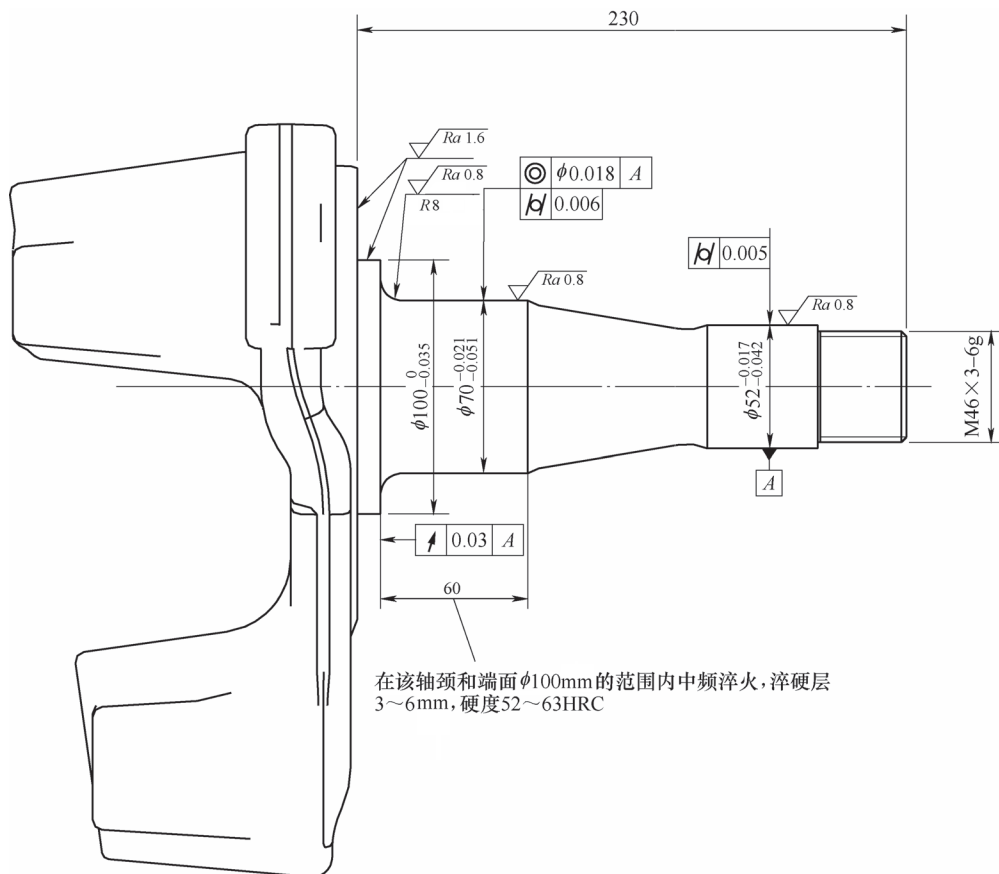


图1 某复杂轴类零件尺寸及技术要求

半精车、车螺纹→中频淬火→磨大外圆、R弧和端面→磨小轴径。

传统工艺存在的缺点：①工序流转较长，占用设备及人员较多，需要及时修磨外圆及棱边R8mm弧，加工比较繁琐，效率较低。②由于工件盘面及两耳为复杂的异形件，并且头部质量较重，所以采用双顶尖夹紧结构，在外圆磨削时，工件转动因离心力受力不均，圆柱度、跳动度及尺寸公差不易保证，不良品控制难度相当大。③由于工件头部尺寸较大，回转直径也相应增大，所以磨床的选择较为困难。

考虑到目前公司拥有先进的数控加工设备以及性能优越的切削刀具，认为轴部加工完全可以采用以车代磨工艺，从而促进产品质量升级，提高加工效率。

3 设备的选择

因工件要求大轴颈位中频淬火硬度为52~63HRC，车削淬硬钢与车削非淬硬钢相比，切削力将增加50%以上，切削所需功率增加2倍左右，所以硬车削对机床系统刚度、功率等提出了更高的要求。机床间隙和刚度决定了振刀、让刀等问题的发

生率，也会影响加工工件的尺寸精度、几何公差和表面粗糙度。

公司有普通数控车床和斜身数控车床可供选用。由于斜床身数控车床具有45°高强度倾斜导轨，精度稳定可靠；具有高精度通孔式主轴结构，抗振性能好；配备多工位转塔刀架，可就近换刀，定位精度较高，且换刀时间较短。所以选用斜床身数控车床，采用以车代磨工艺进行加工，工艺流程为：打中心孔→粗车→中频淬火→以车代磨精车外圆。

4 加工工装的设计

虽然斜床身数控车床具有高刚度、高精度且抗振性能好的优点，但是对于图1所示头部较大的工件，由于受离心力的影响，仍会造成设备出现振动较强的现象，影响工件轴部的径向圆跳动、轴向圆跳动及圆柱度等，从而影响产品精度及装配精度，甚至影响产品使用的安全性，因此，必须采用合理的夹具来保证工件运转的稳定性。

4.1 第一种工装的设计

第一种工装如图2所示，采用的是双顶、一靠一夹的定位夹紧方式，即设计制作专用夹具安装在主轴上，通过主轴顶尖与尾座顶尖顶紧工件中心孔

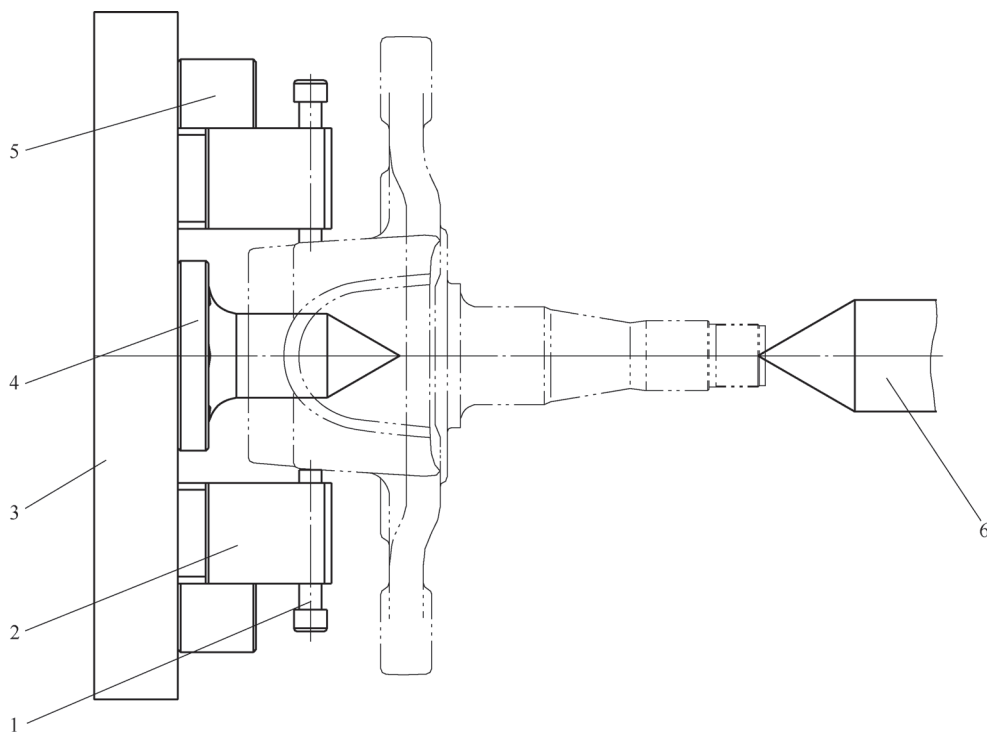


图2 第一种工装

1—M16螺钉 2—侧顶块 3—底盘（联接数控车床） 4—顶尖 5—配重块 6—尾座顶尖

定位，工件的一个侧面靠在一个螺钉上，另一个侧面由另一个螺钉夹紧。该工装的特点是结构简单、制作成本低。缺点是因用一个螺钉将工件的一个侧面压紧，使工件靠在另一个螺钉上，压紧力会使工件的中心错位，成为虚定位，影响工件旋转的稳定性，不能满足工件精加工的尺寸精度、几何公差要求，且手动夹紧费时费力，所以该工装通常只用在粗车工序上。

4.2 第二种工装的设计

第二种工装如图3所示，用螺钉固定在机床主轴上。当踩动液压开关，液压缸推动拉杆，使拉杆带动导杆后移时，导板也随之移动，使摇臂向下摆动，从而使固定在定位座上的两卡爪随同倾斜，夹紧工件。当加工完毕后，踩动液压开关，液压缸推动拉杆，导杆随着移动，并带动导板前移，使得摇臂上摆带动左、右卡爪向后倾斜，松开工件。

工装结构的特殊性使其在使用中稳定可靠，主要是因为：顶销在弹簧作用下把摇臂和卡爪定位在固定座上，使摇臂和卡爪在没有夹紧的状态下处于一个合理对称的位置。当工件处于夹紧的不对称状

况（无论是工件不对称，亦或是装夹定位不对称）时，左（右）卡爪或某一卡爪先接触工件，使得顶销压缩弹簧在固定座定位孔后移，迫使卡爪及定位座带动摇臂及浮动块作轴向旋转，直至另一卡爪接触工件，最终两卡爪抱紧工件；当加工完毕松开工件时，弹簧压动定位块重新在固定座定位孔内定位，使得浮动块及摇臂复位。当摇臂转动时，将会带动浮动块进行一定量的转动或摆动，而不影响导板的工作。

工装安装使用前应进行动平衡试验。安装工件时，应使工件在左顶尖上先定位、后踩动液压开关顶紧尾座顶尖，再夹紧工件，最后起动机床开始加工。

该工装的优点是：两卡爪抱紧工件不会使工件中心错位产生虚定位，定位准确，工件夹紧力大，稳定可靠，无振颤现象。该工装适用于质量较大、头部异型的复杂工件。

5 刀具的选择及工艺设计

图1所示复杂轴类零件的粗车、半精车工序采用图2所示工装夹具，刀具采用WNMG080408N硬质合金涂层刀片，刃倾角为 0° ，刀尖半径0.8mm，

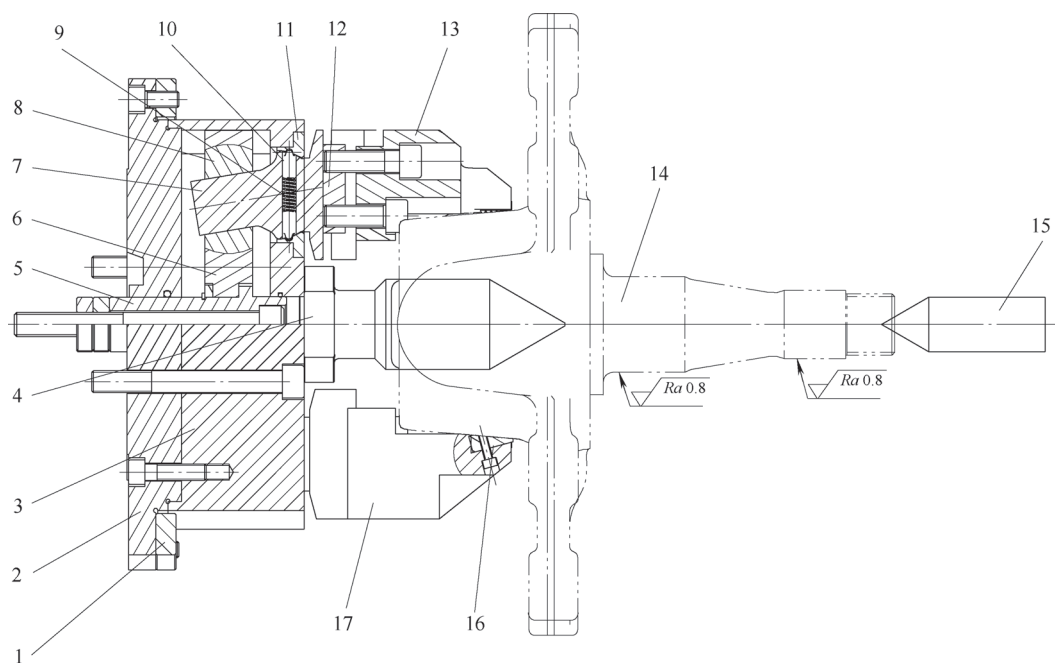


图3 第二种工装

1—平衡圈 2—盘根 3—本体 4—前顶尖 5—导杆 6—导板 7—摇臂 8—浮动块 9—弹簧 10—顶销 11—固定座
12—联接螺母 13—左卡爪 14—工件 15—尾座顶尖 16—压块 17—右卡爪

转速500~600r/min, 切削深度2~3mm, 进给量0.15~0.30mm/r。将所加工区域大部去除, 留有精车量0.35mm, 过渡锥面区域加工至成品尺寸。

中频淬火后采用以车代磨工艺精车大、小轴承位及轴头螺纹, 采用图3所示工装夹具。淬火区包括大轴颈 $\phi 70_{-0.051}^{+0.021}$ mm、R8mm弧及端面, 采用CBN刀片CNGA120412, 刃倾角 0° , 刀尖半径1.2mm, 主轴转速650~800r/min, 切削深度0.35mm。根据刀尖半径 $r_\epsilon=1.2$ mm、表面粗糙度值 $Ra=0.8\mu\text{m}$, 由公式 $Ra=f_n^2/8r_\epsilon$, 计算得出进给量 $f_n\approx 0.0876$ mm/r, f_n 实际取值0.08mm/r。采用陶瓷刀片WNMG080404加工 $\phi 100$ mm圆柱面以及端面, 主轴转速仍采用650~800r/min, 切削深度0.35mm, 进给量为0.07mm/r。对于小轴颈 $\phi 52_{-0.042}^{+0.017}$ mm, 可以采用陶瓷刀片WNMG080404, 进给量为0.05mm/r; 也可以采用CBN刀片CNGA120412, 进给量提高到0.08mm/r, 生产效率提高了, 但刀片费用略有增加。适当减少进给量会降低表面粗糙度。

目前车削也常采用修光刃技术, 其优点在于实现了“加工时间减半, 表面质量倍增”, 省去磨削工序, 实现了“以车代磨”。但是对于本例, 由于工件头部较重、形状复杂, 转速难以达到工艺要求, 所以加工表面经常出现类似于擦伤的不光泽面, 色泽差异较大, 表面粗糙度也没有达到要求。这主要有两个原因, 一是积屑瘤, 二是刀尖与工件的接触长度比标准刀片长。因此本例没有采用修光刃技术。

6 冷却方式

对于断续切削工件来说, 最好采用“干车削”, 否则进刀和退刀时的热冲击会引起刀片破裂。至于连续切削, 刀头在干车削过程中产生的高温足以韧化预切削区域, 从而降低材料硬度, 使之易于剪切。同时, 干切削方式具有明显的成本优势。本例粗车虽然是连续切削, 目的是去除加工余量, 为精车做准备, 但尺寸精度及几何公差并不作为主要技术要求, 所以仍然采用干车削。但是在精车中, 尺寸精度、几何公差以及表面粗糙度是必须保证的, 如果采用干车削, 加工过程中产生大量的切削热, 工件温度高, 当冷却后, 尺寸差异较大, 难以保证尺寸公差及圆柱度。因此, 以车代磨精车工艺采用水基切削液, 有助于延长刀具寿命和保证

产品的技术要求。此外, 高压切削液可以减少切屑堆积, 从而降低因为切屑阻塞对切削液流至刀头的影响, 也要求切削液有一定的防锈能力, 防止环境介质及残存切削液中的油泥等腐蚀性物质对金属产生侵蚀。

7 效果分析

本案例采用以车代磨工艺, 取得了很好的加工效果, 检测结果见表1。

表1 检测结果

主要检测项目		技术要求	检测结果
小轴颈	直径	$\phi 52_{-0.042}^{+0.017}$ mm	$1.67 \leq \text{CPK} < 2$ (优于磨削的 $1.33 \leq \text{CPK} < 1.67$)
	圆柱度/mm	0.005	<0.005
	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	0.8	0.5~0.8
大轴颈	直径	$\phi 70_{-0.051}^{+0.021}$ mm	$1.67 \leq \text{CPK} < 2$ (优于磨削的 $1.33 \leq \text{CPK} < 1.67$)
	圆柱度/mm	0.006	<0.006
	同轴度/mm	$\phi 0.018$	< $\phi 0.018$
圆跳动	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	0.8	0.35~0.8
	轴向圆跳动/mm	0.03	<0.03
圆弧过渡位	连接弧/mm	R8	R8
	表面粗糙度值 $Ra/\mu\text{m}$	0.8	0.35~0.8

8 结束语

复杂轴类零件以车代磨工艺实现批量加工, 整个工艺系统必须保证工件加工运转过程中的定位稳定性, 以及车削过程中切削工艺设计的合理性。实践证明, 以车代磨工艺是先进的加工方式, 不仅降低了废品率, 减少了周转, 而且完全可以替代车削+磨削工艺, 提升了产品质量。经检测, 该工艺的所有技术指标都优于传统工艺。

参考文献:

- [1] 彭林中, 张宏. 机械切削工艺参数速查手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2010.
- [2] 王健石. 机械加工常用刀具数据速查手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.

MW 20210311