

■ 山东职业学院/张 瓚 王少妮 郭 成

气门挺柱加工工艺

轿车用发动机企业开发出了一款顶置凸轮轴、薄壁杯形气门挺柱配合气门间隙调节垫片的配气机构。该气门挺柱有质量轻、惯性小的特点，其结构为薄壁杯形，对外圆、端面、热处理等方面的精度要求较高，给气门挺柱的生产工艺带来了一些技术难题。

该气门挺柱的主要技术参数为：

- 1) 气门挺柱渗碳淬火，底端面处渗层深度 $0.30 \sim 0.65\text{mm}$ ，硬度 $650 \sim 850\text{HV}$ 。
- 2) D 端面与外圆的垂直度 0.02mm ，平面度 0.01mm ，表面粗糙度值 $R_z=6.3\mu\text{m}$ 。
- 3) 内圆圆度 0.02mm ，与 D 端面垂直度 0.01mm ，表面粗糙度值 $R_z=6.3\mu\text{m}$ 。
- 4) 挺柱外圆直线度 0.005mm ，表面粗糙度值 $R_z=3.2\mu\text{m}$ 。
- 5) B 端面与 D 端面的距离 $(2.5 \pm 0.05)\text{mm}$ ，平面度 0.02mm ，与圆柱面的垂直度 0.015mm ，表面粗糙度值 $R_z=3.2\mu\text{m}$ 。

精制毛坯技术

根据该气门挺柱壁薄、孔深、低碳钢材料等特点，我们对毛坯制造采用多工位冷挤压技术一次成形，内孔、内端面及其与小台阶的圆弧连接不需切削加工，既保证金属纤维流线的连续性，达到产品使用时的物理力学性能要求，同时精制毛坯减少切削余量，从而减少切削加工工作量，降低了生产成本，缩短了生产周期，提高生产效率。其挤压毛坯如图1所示。

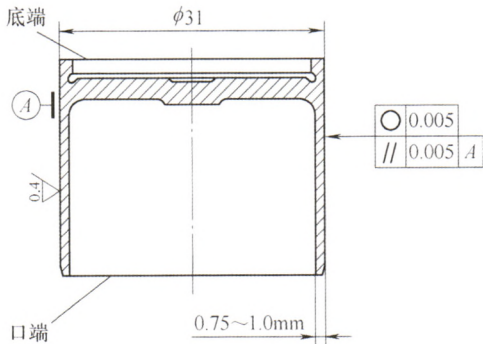


图1 气门挺柱挤压毛坯

由于毛坯冷挤压成形后，产生了很大的残余应力，因此，应对气门挺柱毛坯进行去应力退火，以消除其残余内应力。

渗碳淬火工艺

薄壁杯形挺柱在淬火时极易变形，经过多方研究、调查、试验，我们采用网带密封式可控气氛多用炉（见图2）完成渗碳淬火工序。此多用淬火炉全密封，连续加热（预热、加热、淬火、回火在一个炉内



图2 气门挺柱淬火炉

完成），温度控制精确，零件变形小；有保护气氛，炉内连续淬火和回火，零件无氧化，表面质量好；气体保护进行渗碳淬火，能够保证工件在热处理过程中的变形很小，经测量气门挺柱外圆在热处理后的变形量可控制在0.05mm以内。该淬火炉连续生产，效率高，很适合用于该挺柱的批量淬火热处理。

采用网带式多用淬火炉后，不仅大大提高了生产效率，而且零件变形小，渗层控制精度更高，从而可以进一步减小热处理后精加工的余量。

但是，操作时有一点必须注意：工件进入炉内淬火前必须平放，均匀摆放，也就是挺柱的轴线垂直于水平面摆放。否则，淬火时变形过大，后续金属切削工序不能消除变形量，或者需增加预留加工余量。

气门挺柱外圆精度保证工艺

此杯形气门挺柱的壁都很薄，只有0.75~1.00mm，但是对外圆柱面的尺寸及形状误差要求较高，尤其是外圆直径两端母线的平行度要求较高，只有0.005mm。

为了满足此类杯形挺柱外圆的较高精度，热处理后，我们采用高精度外圆磨床MGT1050，精磨两遍，第一遍的磨削余量为0.015~0.02mm，第二遍余量为0.005~0.01mm。但是，由于其壁薄，磨削外圆时，工件在磨削区内很容易发生弹性变形，而且口端比底端变形量大，从磨削区出来之后，工件回弹，就会出现口端尺寸大而底端小，反映到挺柱外圆直径的两端母线间的平行度常会超差，最大时可达0.015mm。为解决这一问题，我们对外圆磨床进行了一系列的调整试验。

首先，调整工件的中心高。把工件的中心高从10mm到14mm分别调整后，测量它对平行度的影响，结果见表1。

表1 工件中心高与挺柱外圆母线平行度关系

工件中心高/mm	10	12	12.8	13.5	14
平行度误差/mm	0.009	0.007	0.006	0.005	0.006

从表1中可以看出，薄壁挺柱的最佳中心高位置比一般的圆柱状零件的计算高度要高。这是因为薄壁零件对压力更敏感，更容易发生弹性变形。磨削时在提高工件中心高度的同时，也要对工件的纵向进给速度、导轮工作转速等其他参数做相应调整，来增加磨削时间。

其次，调整导轮几何形状及位置角度。

贯穿磨时，为使工件有纵向进给速度，导轮在垂直面内应有一倾斜角度 α ， α 也决定了磨削精度。为使工件与导轮仍满足线接触，提高磨削稳定性，就需要导轮修整器的金刚钻滑座也相应转过一个角度 α' （ $\alpha' < \alpha$ ）。此外，由于工件的安置高度比两轮中心高出 h ，而使工件的接触点处于略低于高度 h 的某一位置 h' ，因此金刚钻位置也应偏移 h' 值。

1) 调节导轮主轴在垂直平面内的倾斜角 α 分别为 2° 、 1.8° 、 1.6° 和 1.5° 。

2) 对应调节导轮修整器在水平面内的回转角 $\alpha' = 1.8^\circ$ 、 1.7° 、 1.5° 和 1.3° 。

3) 计算金刚钻偏移量 h' ， $h' = hD_{\text{导}} / (D_{\text{导}} + D_{\text{件}}) = 13.5 \times 350 / (350 + 31) = 12.4\text{mm}$ 。

调整参数后修整导轮，再磨削挺柱，测量平行度结果见表2。

表2 导轮参数调整对挺柱母线平行度影响结果

工件中心高 h /mm	13.5			
金刚钻偏移量 h' /mm	12.5			
垂直倾角 $\alpha / (^\circ)$	2	1.8	1.65	1.5
修整器水平回转角 $\alpha' / (^\circ)$	1.8	1.7	1.5	1.3
工件平行度/mm	0.006	0.005	0.004	0.007

从表2中结果看出，导轮在垂直面内的倾斜角 α 和导轮修整器回转角 α' 取较小值时，导轮与工件能达到接近线接触，工件平行度最好。但是，在达到最佳角度之后，再继续调小，导轮与工件又失去了线接触的最佳状态，平行度又变大。

在试验时发现，导轮的工作转速提高一些，杯型挺柱外圆平行度也略有改善。这说明，随着导轮在垂直面内的倾斜角 α 减小，相应地，导轮的工作转速也应调高一些，有利于平行度的改善。

通过一系列调整和测量试验说明，磨削杯形挺柱外圆时，影响平行度的各种因素中，主要是工件的中心高。其次，导轮在垂直面内的倾斜角、导轮修整器在水平面内的回转角，也有影响作用。因此，工件的中心高应选略大值，导轮在垂直面内的倾斜角，和导轮修整器在水平面内的回转角应选较小角度，同时导轮的工作转速应比调整前略快时，杯型挺柱外圆能够取得的较好的平行度和圆度结果。具体的情况应根据不同磨床设备具体调整，而且要多次调整才能取得较好结果。

数控车削工序集中的工艺

用数控车床对 D 端面、内圆、 $R0.4$ 退刀槽及倒角的车削,采用一次装夹多工步车削的工序集中的加工方式,充分利用了工序集中的优点:既减少了安装次数,提高生产效率,对保证各表面之间的位置精度也非常有利,同时使得整个生产流程大大缩短。

但由于工序集中使多个工步顺序完成,工步之间还有换刀时间,因此使数控车削工序单件时间较长,约45s,影响整条生产线的生产节拍。为了保证较高的生产率,可采用多台数控车床做同一个工序,由于数控加工自动化程度高,可以由一名工人看多台数控车床,从而减少人工成本。

气门挺柱端面垂直度保证的工艺

该气门挺柱 D 端面与外圆柱面垂直度要求0.02mm,内圆与 D 端面的垂直度0.01mm,这些位置精度要求较高。为保证此位置精度,在定位方式上应考虑基准重合和统一。经过反复研究、论证和试验,我们决定,精磨 D 端面时仍然以外圆柱面做定位基面,而且在精磨 D 端面同时将内圆面也精磨加工。也就是说,将精磨 D 端面 and 内圆面在一个工序内完成,一次装夹同时加工两个表面,其位置精度是能够保证的。其夹具如图3所示,装夹加工实际情况如图4所示。



图3 气门挺柱磨内圆端面夹具

加工时采用高精度全自动控制端面磨床(见图5),用精密弹簧夹头装夹挺柱外圆,将 D 端面及内圆同时磨削完成,磨削后位置精度完全能够保证技术要求。而且此磨床还能自动检测、控制尺寸精度,满足产品精度要求。同时,此磨床高速磨削(主轴转速40 000r/min),工序单件时间只有15s,大大提高了生产效率。

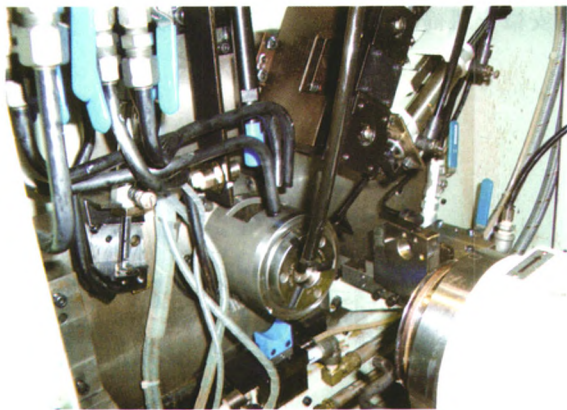


图4 磨内圆端面实际加工图

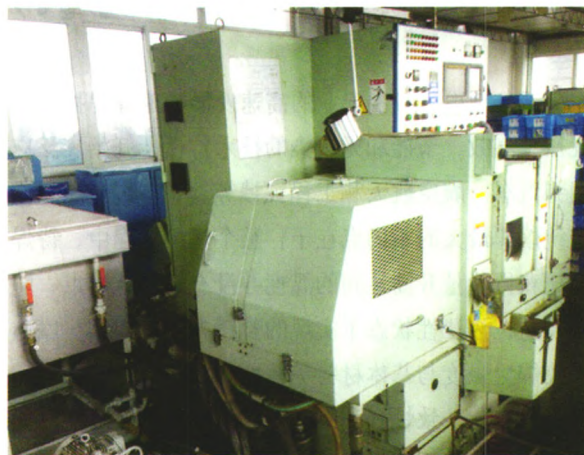


图5 气门挺柱磨内圆端面设备

加工流程

综合上述加工工序,该气门挺柱的加工流程为:下料→挤压毛胚→去应力退火→粗磨外圆→车总长→组合数控车→铣斜槽→渗碳淬火→中磨外圆→精磨内圆及 D 端面→精磨 B 平面→精磨外圆→探伤退磁→成品检查。

结语

该杯形气门挺柱的主要技术要求中,外圆柱面的形位公差精度要求较高,又由于其壁薄、一端开口等原因,使得加工中有一定的技术难度;底端的外端面与内圆的形位公差要求较高,又由于内圆面轴向长度短,使得该加工精度较难保证;另外,由于该零件壁薄、一端开口的特点,给热处理时保证零件较小的几何变形增加了难度。针对一系列技术难点,我们一方面采用较高精度的设备,一方面通过试验摸索、精细调整技术参数,提高该类零件的加工工艺水平,使产品达到了各项精度要求。

关键词:

气门挺柱 加工 精度保证

(收稿日期20140111)