

发动机气门加工工艺

■ 湖南天雁机械有限责任公司 （衡阳 421005） 江文广 刘旭晶

摘要：本文介绍了发动机气门常用的加工工艺方法，对各加工工艺的应用特点及适用范围进行了说明，并以整体马氏体气门的加工作为典型案例，对气门加工工艺进行了详细的阐述。



气门是发动机工作过程中密封进排气口的关键基础零件，用于封锁气流通道，控制发动机的气体交换。气门工作处在高温的氧化腐蚀性气氛中，承受着反复的冲击负荷，还承受热应力及燃烧时气体压力等的共同作用。气

门材料都是采用马氏体型或奥氏体型耐热钢及高温合金。

不同的气门厂家有自己的气门加工工艺，这跟气门厂家的生产设备、生产线布局、同类型气门的加工工艺及加工经验等因素有关，本文将对气门常用的加工工艺进行介绍。

1. 典型气门结构及宏观工艺流程

典型的气门结构分为整体马氏体气门、整体奥氏体气门和摩擦焊气门。这三种气门工艺主要区别在于气门毛坯阶段的不同，毛坯成形后的机械加工工艺基本相同。典型的气门结构宏观工艺流程如表1所示。对于整体马氏体型和奥氏体型、摩擦焊的锥面堆焊气门，其锥面堆焊工序在粗加工进行，本文不作阐述。

2. 毛坯成形

整体马氏体、整体奥氏体气门毛坯工艺较为简单，具体为：下料→平两端面→电锻锻压→热处理校直。马氏体气门毛坯的热处理采用调质，奥氏体气门毛坯的热处理采用固溶时效或时效。

摩擦焊气门毛坯工艺方案有先锻后焊和先焊后锻。先锻后焊工艺为：下料→平两端面→杆料调质→盘部电锻锻压→盘部热处理→摩擦焊→热处理校直；先焊后锻工艺为：下料→平两端面→杆料调质→盘料热处理→摩擦焊→电锻锻压→热处理校直。

3. 机械加工工艺

毛坯成形后的机械加工工艺，各气门厂家差别较大，但气门各部位采用的加工方法行业上还是比较一致的，如表2所示。由

表1 典型的气门结构宏观工艺流程

序号	气门结构类型	宏观工艺流程
1	整体马氏体气门	毛坯成形→粗加工→高频淬火→半精加工→镀铬或氮化→精加工；或者：毛坯成形→粗加工→高频淬火→半精加工→精加工→镀铬或氮化
2	整体奥氏体气门	毛坯成形→粗加工→半精加工→镀铬或氮化→精加工；或者：毛坯成形→粗加工→半精加工→精加工→镀铬或氮化
3	摩擦焊气门	毛坯成形→粗加工→高频淬火→半精加工→镀铬或氮化→精加工；或者：毛坯成形→粗加工→高频淬火→半精加工→精加工→镀铬或氮化

表2 气门各部位加工方法分解

加工阶段	气门各加工部位采用的加工方法						
	杆部	锥面	盘端面及倒角	盘外圆	颈部	杆端面及倒角	锁夹槽
粗加工段	磨削	车削、磨削	车削、磨削	车削、磨削	车削、磨削	切割片、磨削	车削
(半)精加工段	磨削	磨削	车削、磨削	车削、磨削	车削、磨削	磨削	车削、磨削

表2可知，气门的机械加工主要采用车削和磨削两种加工方法，不同厂家对气门机加工工艺设计思路有所不同。本文主要对几种常用的加工工艺思路进行阐述。

(1) 切总长后先高频淬火。气门厂家的机械加工设备都是按生产线进行布置，而高频淬火、镀铬和氮化这些工序与机加设备的生产节拍不同步，为减少这些工序对气门机加生产线生产的影响，采用使粗加工段、(半)精加工段机加工序尽可能多地组成生产线的工艺布置。

为减少高频淬火对生产线布置产生的影响，常采用将高频淬火工序尽量往前安排（切总长后先高频淬火），这样就缩短了粗加工段的机加工序，将大部分粗加工工序转到半精加工段。切总长后先高频淬火的工艺思路有两种方案：①对气门毛坯直接进行切总长。②先对气门杆部或盘端面加工，再进行切总长。

(2) 粗加工全部完成后再次高频淬火。在粗加工段完成气间盘外圆、盘端面及倒角加工至成品，气门颈部、杆部及杆端面进行首次加工，然后再进行高频淬火。气门淬火后进入半精加工段。粗加工全部完成后高频淬火的工艺思路有两种方案：①先粗车盘端，再切总长。②直接切总长。

(3) (半)精加工完成后再次镀铬或氮化。对于有些氮化气门，要求氮化后不磨削，只需氮化后杆部抛光，则气门在精加工完成后进行氮化。有些气门厂家镀铬工序是外委加工，常采用精加工完成后进行镀铬。

气门探伤工序常放在半精加工段或精加工段，探伤方法有：磁粉探伤、渗透探伤和超声波探伤，对于马氏体气门采用磁粉探伤，奥氏体或摩擦焊气门采用渗透探伤和超声波探伤。

(4) 镀铬或氮化完成后再次

精加工。有些气门要求氮化后杆端面淬火或氮化后磨削杆端面锥面，则气门在氮化完成后进行精加工。有些镀铬气门精度要求较高，为保证气门精度，就要求气门在完成镀铬后进行精加工。

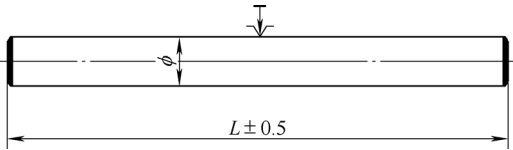
4. 气门加工典型案例

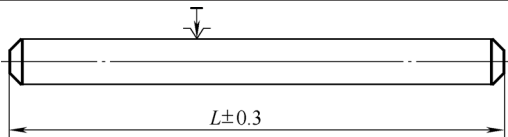
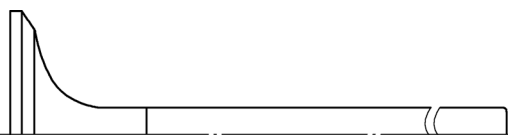
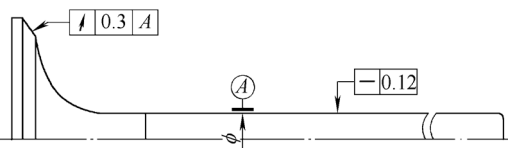
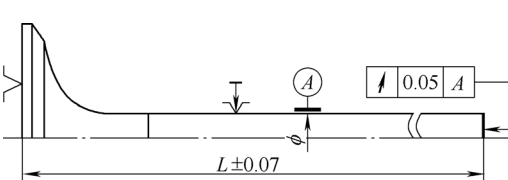
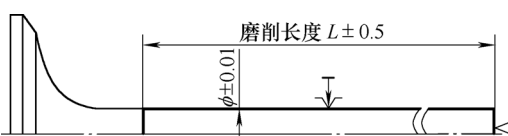
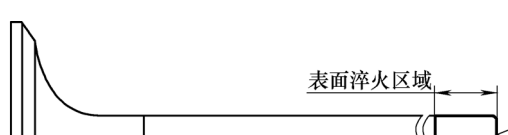
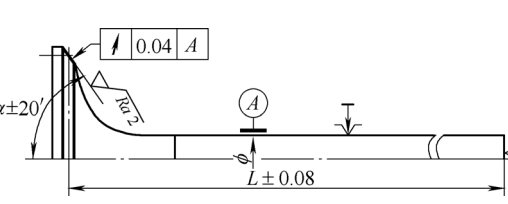
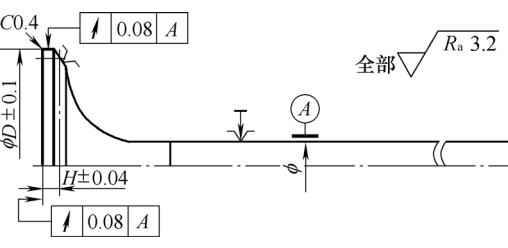
下面以整体马氏体镀铬气门为例，对气门加工工艺进行详细说明。

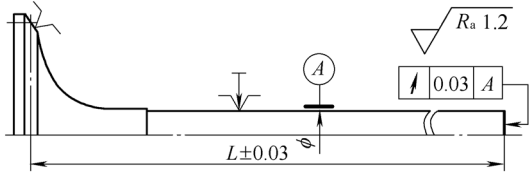
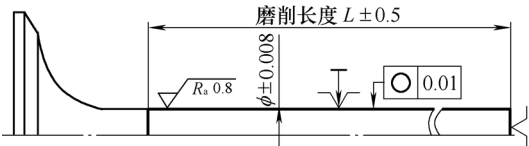
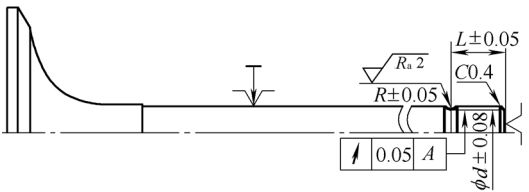
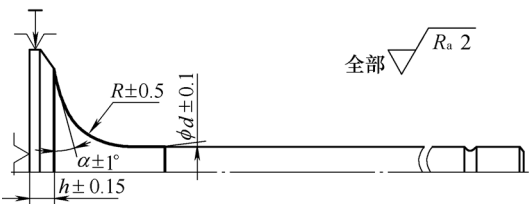
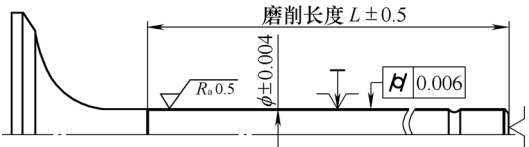
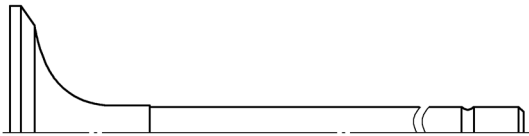
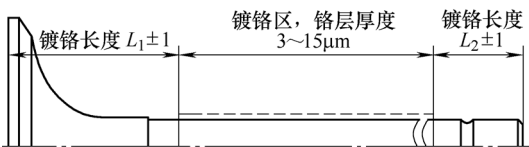
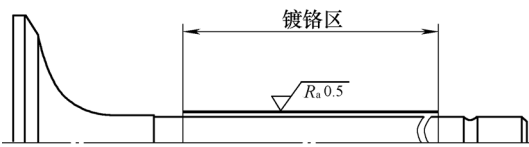
整体马氏体气门典型加工工艺如下：下料→平两端面→电镀锌压→调质校直→切总长→粗磨杆部→高频淬火→车锥面→粗磨锥面→车盘端面及外圆→半精磨杆端面→半精磨杆部→磨锁夹槽→精车颈部→精磨杆部→探伤→镀铬→抛杆部→精磨杆端面→精磨锥面→终检→打标。

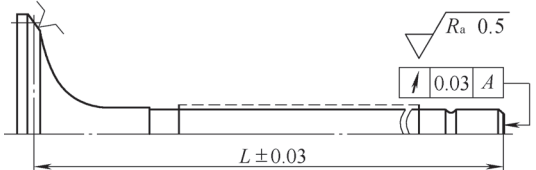
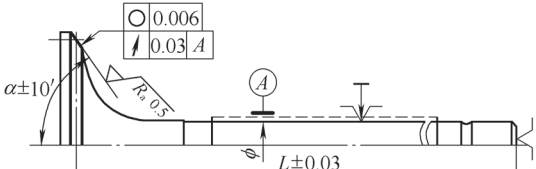
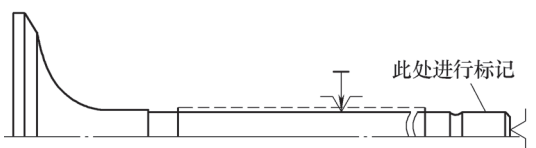
上述各工序的加工部位、定位基准、夹紧基准、工序要求和加工设备等信息如表3所示。

表3 整体马氏体气门典型加工工艺

序号	工序名称	工艺附图示意 (注：粗实线为加工部位，▽为定位基准，▽为夹紧基准)	工艺要求	加工余量/mm	加工设备
1	下料		杆径总长±0.5mm	1.0	下料机

2	平两端面及倒角		总长 ± 0.3mm	0.5	端面 车床或 磨床
3	电锻锻压		毛坯外形尺寸	—	电锻 机、压 力机
4	调质校直		调质硬度、杆部直线度0.12mm、锥面圆跳动0.3mm	—	热处理设备
5	切总长		毛坯总长 ± 0.07mm、杆端面圆跳动0.05mm	1	总长 切磨机
6	粗磨杆部		杆径 ± 0.01mm、磨削长度 ± 0.5mm	0.2	无心 磨床
7	高频淬火		淬火硬度 ≥ 52HRC、层深	—	高频 淬火机 床
8	车锥面		锥面角度 ± 20'、长度尺寸 ± 0.08mm、锥面圆跳动0.04mm、表面粗糙度值 $R_a = 2 \mu m$	0.5	数控 车床
9	车盘端面外圆		端面厚度 ± 0.04mm、外圆直径 ± 0.1mm、端面外圆圆跳动0.08mm、倒角 C0.4mm、表面粗糙度值 $R_a = 3.2 \mu m$	端面0.6 外圆0.5	数控 车床

10	粗磨杆端面		长度 $\pm 0.05\text{mm}$ 、杆端面圆跳动 0.03mm 、表面粗糙度值 $R_a=1.2\mu\text{m}$	0.15	杆端面磨床
11	半精磨杆部		杆径 $\pm 0.008\text{mm}$ 、磨削长度 $\pm 0.5\text{mm}$ 、圆度 0.01mm 、表面粗糙度值 $R_a=0.8\mu\text{m}$	0.08	无心磨床
12	磨锁夹槽及倒角		槽型 $R \pm 0.05\text{mm}$ 、槽距 $\pm 0.05\text{mm}$ 、底径 $\pm 0.08\text{mm}$ 、倒角 $C0.4\text{mm}$ 、锁夹槽圆跳动 0.05mm 、表面粗糙度值 $R_a=2\mu\text{m}$	锁夹槽 0.7mm 、倒角 0.4mm	无心磨锁夹机床
13	精车颈部		颈部厚度 $\pm 0.15\text{mm}$ 、圆弧 $\pm 0.5\text{mm}$ 、颈部角度 $\pm 1^\circ$ 、颈部直径 $\pm 0.1\text{mm}$ 、表面粗糙度值 $R_a=2\mu\text{m}$	0.35	数控车床
14	精磨杆部		杆径 $\pm 0.004\text{mm}$ 、圆柱度 0.006mm 、磨削长度 $\pm 0.5\text{mm}$ 、表面粗糙度值 $R_a=0.5\mu\text{m}$	0.03	无心磨床
15	探伤		产品无裂纹	—	磁粉探伤机
16	镀铬		铬层厚度 $3\sim 15\mu\text{m}$	—	镀铬生产线
17	抛杆部		表面粗糙度值 $R_a=0.5\mu\text{m}$	0.0015	无心磨床

18	精磨杆端面		总长±0.03mm、杆端面圆跳动0.03mm、表面粗糙度值Ra=0.5 μm	0.05	杆端面磨床
19	精磨锥面		锥面角度±10'、圆度0.006mm、锥面圆跳动0.03mm、表面粗糙度值Ra=0.5 μm	0.07	锥面磨床
20	终检		按图样检验	—	终检机
21	打标		按要求打标	—	打标机

5. 结语

气门产品结构虽然简单，但其制造工艺涉及热锻、锻造、热处理、毛坯校直、高频淬火、车削加工、磨削加工和表面处理等。由于气门是发动机的缸内零件，工作温度高、工作环境恶劣，其产品质量直接影响发动机性能。因此在对气门进行加工工艺设计时，都是以满足产品图样为首要指标，根据现场的生产设备，尽量使工艺基准和设计基准达成统一。随着技术的进步，未来气门加工将朝更加专用化、自动化方向发展，其工艺流程将逐渐缩短，产品质量将更有保证。作为工程技术人员，分析其他厂

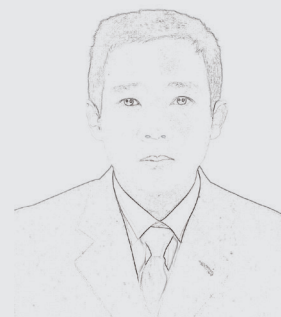
家的加工工艺，对提高自身工艺技术水平很有帮助。本文只是对气门加工工艺进行一些初步的阐述和分析，希望能为同行提供一些借鉴。

参考文献：

- [1] 陈宏钧. 实用机械加工工艺手册[M]. 北京：机械工业出版社，2004.
- [2] 蔡春源，等. 机械设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2000.
- [3] 高永祥. 数控高速加工与工艺[M]. 北京：机械工业出版社，2013.
- [4] 陈国定. 机械设计基础[M]. 北京：机械工业出版社，2006.

MW (收稿日期：20170724)

专家点评



作者在典型气门加工工艺中附加了工序示意图，并且对每一道工序的加工余量和关键尺寸都做了详细说明，步骤合理、数据准确，切实提高了文章的表达效果，具有一定的参考价值。