

■ 山东滨州渤海活塞股份有限公司/翟可芬

特殊结构活塞销孔的加工

在发动机的运行过程中，活塞作为发动机的关键件，起着至关重要的作用。而活塞的销孔部位作为连接活塞销和连杆的重要装配表面，其尺寸精度要求比较严格：加工精度等级一般要求为IT4~IT6，销孔的表面粗糙度要求较高，销孔的形状精度要求高。活塞销孔加工质量的高低直接影响着发动机运转时的性能。如果销孔表面的加工质量达不到技术要求，将有可能导致活塞在发动机内上下运动过程中产生卡死或转动不畅等现象，引起发动机在运转过程中发生故障。

活塞销孔加工技术要求

我公司生产的某型号活塞，其材料为铸铝合金ZL109，外圆直径较小（外圆直径 $\leq 50\text{mm}$ ），活塞销孔加工技术要求如图1所示：销孔内径尺寸 $\phi 10\text{mm}$ ，公差 0.008mm ，圆度要求为 0.0015mm ，圆柱度要求为 0.0025mm ，表面粗糙度值要求 $R_a \leq 0.4\mu\text{m}$ 。在活塞的试制加工阶段，沿用公司常用的加工小直径活塞销孔（销孔直径 $< 15\text{mm}$ ）的方法，将销孔分为粗镗、半精镗和精镗三道工序加工。

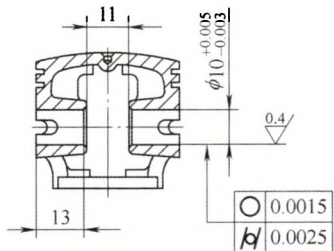


图 1

工序余量标准为：粗镗工序用于去除销孔大部分加工余量，粗镗销孔时孔径一般加工至销孔成品直径

+1.5mm；半精镗工序用于给成品销孔直径留约0.5mm的加工余量，既能保证精加工时有足够的加工余量，又能使精加工时取得较好的加工表面质量。精镗销孔工序作为最终加工工序，需镗削销孔至产品图样设计要求的尺寸精度并保证销孔的表面粗糙度要求。精镗销孔时采用在一个镗杆上安装两把刀具的形式。第一把刀为普通硬质合金镗刀，用于镗削本工序90%的加工余量，并使所留的切削余量均匀；第二把刀为聚晶金刚石镗刀，镗削本工序剩余的约10%的加工余量。在镗削过程中为减少因切削抗力而引起的振动，镗杆设计时，一般考虑两把镗孔刀尖的距离要大于单侧销孔的轴向长度（见图1所示的尺寸13mm），目的在于减少因两把镗孔刀同时参与切削时，因切削抗力过大会使切削加工时产生振动，从而造成活塞销孔表面形状误差超差及表面粗糙度值过大的现象。

活塞的加工过程分析

由于此活塞的结构特点，内挡宽度11mm，销孔单侧长度13mm，活塞销孔单侧长度大于挡子宽度，设计镗杆上两把刀的距离为13.5mm，活塞加工时，两把刀在加工左侧销孔时，可以不同时加工活塞销孔，但当第一把刀加工至右侧销孔时，由于内挡宽度距离仅11mm，小于两把刀的距离13.5mm，因此后一把刀仍在左侧销孔内，从而造成两把刀同时吃刀。此时由于产生的切削抗力较大，会使镗杆发生轻微振颤，导致此时刀杆上的后一把镗刀正在加工的活塞销孔部位表面振纹明显，从而影响销孔的圆度及圆柱度，同时销孔表面粗糙度值也达不到产品的技术要求。

改进措施

根据影响活塞销孔加工精度的主要因素，设计时考虑避免两把镗刀同时加工活塞销孔，目的是减少切削抗力对工件加工质量的影响。

1. 方案一：精镗采用一把刀

将精镗销孔工序改为一把刀加工，半精孔给精孔留0.3mm（直径上）余量。但是采用常用的加工切削参数进行加工时，在加工过程中刀具发生了崩刃现象。原因分析：由于背吃刀量较大，在加工过程中会产生较大的切削抗力，而由于金刚石刀具的材料特点，其本身的韧性较弱，因此在切削抗力的作用下，出现了刀具崩刃现象。

2. 方案二：加长镗杆长度

即把两把刀的轴向间距加大至37.5mm（大于销孔单侧长度13mm×2+内挡宽度11mm），加工时出现扎刀现象。原因分析：由于镗杆长度过长，而直径较细，导致镗杆的刚度降低，切削加工时产生了扎刀现象，因此不能正常生产。

3. 方案三：改进刀具和切削参数

1) 将装在镗杆上的前面的粗镗销孔刀采用图2所示的结构尺寸，使其主偏角由原来的45°改为90°，目的是减小加工销孔时过程中产生的径向抗力。同时为增加刀尖的锋利度，减少刀具后刀面与已加工销孔表面的摩擦，将粗镗销孔镗刀的后角加大，第一后角由9°改为12°，第二后角由13°改为15°。进行试验加工，结果表明活塞销孔的表面振纹明显减弱。

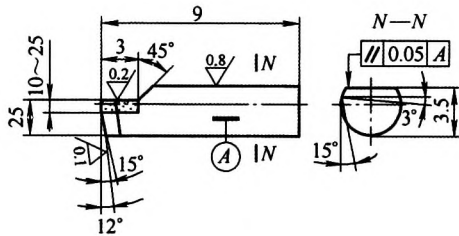


图 2

2) 在此基础上将加工销孔的切削参数进行优化设计。为减少试验次数，用较短的试验时间得到合理的切削参数，利用公司方便的试验条件，使用正交试验法对切削参数进行优化设计。

优化设计步骤如下：

首先将切削参数的三要素：背吃刀量 a_p （以后一

把刀的切削余量为计算标准）、进给量 f 和镗杆转速 n 。作为影响表面粗糙度试验的因子，各因子均取两个水平。然后按全因子试验并安排4个中心点来进行试验。为排除误差的干扰，将试验顺序进行随机化处理，并将4个中心点实验顺序调整在实验的开始、中间和结尾，按照下表所示的试验顺序，进行相应加工，并在试验现场采用便携式粗糙度仪对活塞销孔表面粗糙度进行检测，将检测的结果进行相应记录，其结果见表2。

试验顺序及结果

序号	背吃刀量 /mm	镗杆转速 /r·min ⁻¹	进给速度 /mm·min ⁻¹	表面粗糙度 R_a /μm
1	0.1	1 800	100	0.51
2	0.075	2 000	130	0.72
3	0.1	2 200	100	0.44
4	0.05	1 800	100	0.32
5	0.05	2 200	100	0.35
6	0.05	1 800	160	0.71
7	0.05	2 200	160	0.64
8	0.075	2 000	130	0.84
9	0.1	1 800	160	0.99
10	0.075	2 000	130	0.75
11	0.1	2 200	160	0.97
12	0.075	2 000	130	0.9

由切削参数的试验结果可知：切削加工此结构的活塞销孔时，背吃刀量及进给速度对活塞销孔表面粗糙度的影响较大，其中进给速度对销孔表面粗糙度的影响最大。而通过实验表明在一定的切削条件下，镗杆的转速对活塞销孔表面粗糙度的影响不是特别明显。当加工小直径特殊结构的活塞销孔时，采用合理的镗杆结构及适合的刀具设计方案，当切削参进行优化设计后按：切削深度0.05mm，进给速度为100 mm/min，镗杆转速为1 800~2 000r/min时，活塞销孔的表面粗糙度值 $R_a \leq 0.4 \mu m$ ，能够满足产品的设计技术要求。同时检测销孔的形状精度其圆柱度在0.002 5mm以内，达到了较好的加工效果。

结语

对特殊结构活塞销孔的加工，影响销孔表面质量的主要因素为镗杆结构及刀具的形状。通过优化设计的方式可较快的得到合理的切削参数。在实际生产时，由于产品结构及加工的实际情况的不同，有时会与原有的加工理论存在一定的不匹配现象，只有通过大量的试验验证，才能取得较好的加工效果。

关键词：

活塞 销孔 切削参数 刀具

(收稿日期20140331)